



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

**Tema: Caracterización morfológica y composición físico-química de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).**

---

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**Autor:** Rúbir Stalin Moreira Añazco

**Tutor:** Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya

**Ambato - Ecuador**

**Febrero - 2018**

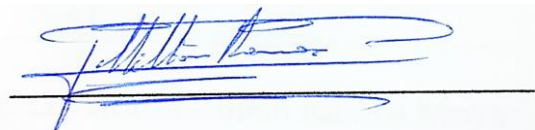
## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

**Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que corresponde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 15 de Enero del 2018



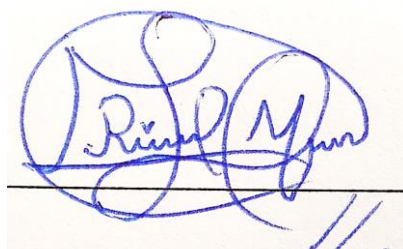
**Ph.D. Milton Rubén Ramos Moya**

**C.I. 180111963-5**

**TUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Rúbir Stalin Moreira Añezco, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Rúbir Stalin Moreira Añezco

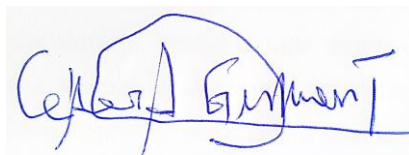
C.I. 070577190-5

**AUTOR**

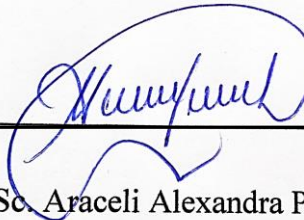
## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

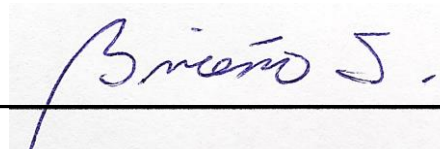
Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Ing. M.Sc. Araceli Alexandra Pilamala Rosales  
C.I. 180415529-7



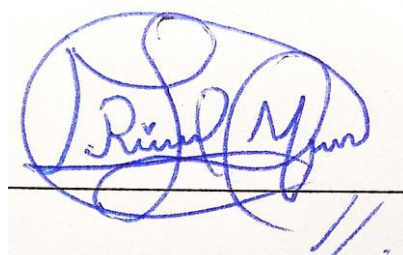
Dr. Jorge Alexander Briceño Carrasquel  
C.I. 6103288798

Ambato, 31 de Enero del 2018

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Graduación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Rúbir Stalin Moreira Añezco

C.I. 070577190-5

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por guiarme y bendecirme en cada uno de los pasos para alcanzar mis metas planteadas y por enseñarme a perseverar y servir a los demás.*

*A mi mami Carmen por ser un pilar fundamental en mi crecimiento personal y moral, una luchadora que está siempre presente velando por mi bienestar y desarrollo, una mujer valiente que me brinda su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por sus consejos para superar adversidades y llenarme de fortaleza, y por ser un ejemplo de lucha y superación.*

*A mis hermanos Tania y Luis, por su constante preocupación y cariño.*

*A mi abuelito Gerónimo por su infinito cariño, por ser un gran ejemplo a seguir, una persona noble y por ser un padre para mí, gracias por sus consejos y enseñanzas para luchar por mis objetivos y no darme por vencido.*

**Con cariño**  
**Stalin Moreira**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por la vida y familia que me ha brindado, por la fortaleza para luchar por mis objetivos.*

*A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por todos los conocimientos y experiencias brindadas y por ser el ente ejecutor de esta esperada meta.*

*A mi tutor, Dr. Milton Ramos por su paciencia, dedicación y gran apoyo incondicional en la realización de mi proyecto de investigación.*

*A la Ing. Araceli Pilamala, Dr. Jorge Briceño, Ing. Mario Álvarez, Ing. Diego Salazar y Dra. Sandra Horvitz por su apoyo y guiarme en la realización de la investigación.*

*A mi mejor amigo Edison Beltrán, por estar siempre constante apoyándome en los buenos y malos momentos, por sus locos consejos y carisma incondicional para mi desarrollo.*

*A mis amigos Inés, Lizbeth, Ximena, Andrea, Jorge, Vanessa, Viviana, Jenny, Israel y Andy; gracias por su buena amistad y a todos mis profesores y compañeros a quienes los he conocido en el transcurso de mi carrera universitaria y han dejado una huella en mi crecimiento diario.*

***Muchas Gracias***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>4</b>
<b>EL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.1. Tema.....	4
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo General .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. Antecedentes Investigativos.....	6
2.2. Hipótesis.....	9
2.2.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ ) .....	9
2.2.2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ).....	9
2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis.....	9
2.3.1. Variables Independientes .....	9
2.3.2. Variables Dependientes.....	9
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>10</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
3.1. Materiales.....	10
3.1.1. Materia prima.....	10
3.2. Métodos.....	11
3.2.1. Caracterización morfológica de la fruta.....	11
3.2.2. Caracterización sensorial de la fruta y la pulpa .....	12
3.2.3. Caracterización físico-química de la pulpa .....	133
3.2.4. Determinación de la composición proximal de la pulpa.....	17
3.3. Diseño Experimental.....	19
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>21</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>21</b>



4.1. Análisis y discusión de resultados .....	21
4.1.1. Caracterización morfológica de la fruta .....	21
4.1.2. Caracterización sensorial de la fruta y la pulpa .....	24
4.1.3. Caracterización físico-química de la pulpa .....	28
4.1.4. Determinación de la composición proximal de la pulpa.....	38
4.2. Verificación de la hipótesis .....	40
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>41</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
5.1. Conclusiones .....	41
5.2. Recomendaciones.....	422
<b>MATERIAL DE REFERENCIA.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional de la cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	7
<b>Tabla 2.</b> Efectos farmacológicos de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	8
<b>Tabla 3.</b> Estructura del diseño experimental .....	19
<b>Tabla 4.</b> Distribución de tratamientos .....	20
<b>Tabla 5.</b> Forma de la fruta Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez .....	21
<b>Tabla 6.</b> Dimensionamiento externo de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez.....	22
<b>Tabla 7.</b> Dimensionamiento interno de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez.....	22
<b>Tabla 8.</b> Componentes (%) de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez .....	23
<b>Tabla 9.</b> Atributos sensoriales de la fruta y la pulpa de Cidrayota variedad <i>virens levis</i> en estado de madurez pintón .....	25
<b>Tabla 10.</b> Características físico-químicas de la pulpa de Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez .....	29
<b>Tabla 11.</b> Características termofísicas de la pulpa de Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> por cantón y estado de madurez .....	30
<b>Tabla 12.</b> Color externo de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> de los tratamientos .....	34
<b>Tabla 13.</b> Color de la pulpa de Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> de los tratamientos .....	35
<b>Tabla 14.</b> Composición proximal (%) de la pulpa de Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> en estado pintón.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Taxonomía de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	1
<b>Figura 2.</b> Variedades de Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> (Jacq) Sw.....	2
<b>Figura 3.</b> Exportación de chayote mexicano (millones de dólares USD) hacia Estados Unidos .....	3
<b>Figura 4.</b> Morfología externa e interna de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	6
<b>Figura 5.</b> Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) según estado de madurez .....	10
<b>Figura 6.</b> Dimensionamiento de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> .....	11
<b>Figura 7.</b> Muestras de Cidrayota en estado de madurez pintón para catación .....	24
<b>Figura 8.</b> Atributos sensoriales de la fruta y de la pulpa de Cidrayota variedad <i>virens levis</i> en estado de madurez pintón.....	25
<b>Figura 9.</b> Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Brillantez” (muestras) .....	26
<b>Figura 10.</b> Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Color” (catadores) .....	26
<b>Figura 11.</b> Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Sabor” (muestras).....	27
<b>Figura 12.</b> Prueba de Tukey al 95 % para el atributo "Textura" (catadores).....	27
<b>Figura 13.</b> Espacio tridimensional de color CIELAB .....	33
<b>Figura 14.</b> Determinación de Dureza (N) de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> de los tratamientos .....	36
<b>Figura 15.</b> Determinación de Trabajo Total (J) de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> de los tratamientos.....	37
<b>Figura 16.</b> Determinación de Firmeza (N) de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> de los tratamientos .....	37
<b>Figura 17.</b> Gráfica de Dureza (N) y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la Cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) variedad <i>virens levis</i> .....	38
<b>Figura 18.</b> Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) en estado verde.....	61
<b>Figura 19.</b> Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) en estado pintón.....	61
<b>Figura 20.</b> Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ) en estado maduro.....	61

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Acidez total.....	13
<b>Ecuación 2.</b> Índice de madurez .....	13
<b>Ecuación 3.</b> Densidad.....	14
<b>Ecuación 4.</b> Calor específico del agua .....	14
<b>Ecuación 5.</b> Calor específico del alimento .....	15
<b>Ecuación 6.</b> Difusividad térmica .....	16
<b>Ecuación 7.</b> Gravedad específica .....	16
<b>Ecuación 8.</b> Porcentaje del índice de blancura.....	17
<b>Ecuación 9.</b> Porcentaje de materia seca .....	18
<b>Ecuación 10.</b> Porcentaje de cenizas .....	18
<b>Ecuación 11.</b> Porcentaje de carbohidratos totales .....	19

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> Anovas de la caracterización de la cidrayota.....	49
<b>ANEXO A-1.</b> Anovas de las propiedades morfológicas.....	50
<b>ANEXO A-2.</b> Anovas de las propiedades físico-químicas.....	53
<b>ANEXO A-3.</b> Anovas del análisis sensorial.....	56
<b>ANEXO B.</b> Hoja de catación.....	58
<b>ANEXO C.</b> Curvas de dureza y firmeza mediante el texturómetro brookfield.....	60
<b>ANEXO D.</b> Carta estándar para la caracterización morfológica de frutas.....	62
<b>ANEXO E.</b> Tablas de color según el estado de madurez de la cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	64
<b>ANEXO E-1.</b> Tabla de color según el estado de madurez de la cidrayota VARIEDAD <i>virens levis</i> .....	65
<b>ANEXO E-2.</b> Tabla de color de la pulpa deshidratada de cidrayota ( <i>Sechium edule</i> ).....	65
<b>ANEXO F.</b> Resultados del análisis proximal de la cidrayota .....	66
<b>ANEXO G.</b> Fotografías de la fase experimental .....	68

## RESUMEN

En Ecuador, la cidrayota es una fruta poco conocida, con escasa información con respecto a su morfología y caracterización. Por esto, el objetivo de la presente investigación fue caracterizar morfológica, físico-química y sensorialmente la cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua). Se utilizó un diseño experimental AxB para evaluar los efectos de la zona de cultivo ( $a_1$ : Piñas y  $a_2$ : Baños) y estado de madurez ( $b_1$ : verde,  $b_2$ : pintón y  $b_3$ : madura). El fruto presentó forma ovoide, fisuras longitudinales externamente y color verde; independientemente de la zona de cultivo y estado de madurez. De otro lado, el análisis de la pulpa de Piñas mostró los siguientes valores promedios: pH 6,41, sólidos solubles 3,4 °Brix y acidez 0,028 (g ácido cítrico/100 g de muestra); y la de Baños: pH 6,25, sólidos solubles 3,7 °Brix y acidez 0,031 g de ácido cítrico. El contenido de agua para los dos cantones fue 92 %. La pulpa de Piñas mostró mayor contenido de proteína (0,49 %), fibra (3,13 %) y carbohidratos (4,21 %) que la de Baños con proteína (0,40 %), fibra (2,13 %) y carbohidratos (3,23 %). Se concluyó que la zona geográfica y estado de madurez afectan significativamente ( $\alpha = 0,05$ ) las propiedades morfológicas y físico-químicas de las muestras seleccionadas de cidrayota. Se espera que la información generada en el presente estudio promueva el desarrollo de nuevos productos para dar valor agregado a la fruta.

**PALABRAS CLAVES:** Composición físico-química, caracterización morfológica, frutas, cidrayota, *Sechium edule*.


## ABSTRACT

In Ecuador, christophine is a little known fruit, with little information regarding its morphology and characterization. Therefore, the aim of this research was to characterize morphological, physico-chemical and sensorially the christophine (*Sechium edule*) variety *virens levis* cultivated in Piñas (El Oro) and Baños (Tungurahua) cities. An experimental AxB design was used to evaluate the effects of the cultivation zone (a<sub>1</sub>: Piñas and a<sub>2</sub>: Baños) and maturity stage (b<sub>1</sub>: green, b<sub>2</sub>: pinton and b<sub>3</sub>: mature). The fruit presented ovoid shape, longitudinal fissures externally and green color, regardless of the cultivation area and maturity stage. On the other hand, the analysis of pulp from Piñas's christophine showed the following average values: pH 6,41, soluble solids 3,4 °Brix and acidity 0,028 (g citric acid/100 g of sample), and that from Baños: pH 6,25, soluble solids 3,7 °Brix and acidity 0,031g citric acid. The water content for the two cities was 92 %. The pulp from Piñas showed higher content of protein (0,49 %), fiber (3,13 %) and carbohydrates (4,21 %) than that from Baños with protein (0,40 %), fiber (2,13 %) and carbohydrates (3,23 %). It was concluded that the geographical zone and maturity stage significantly affect ( $\alpha = 0,05$ ) the morphological and physico-chemical properties of the selected samples of christophine. It's expected that the information generated in this study will promote the development of new products to add value to the fruit.

**KEYWORDS:** Physical-chemical composition, morphological characterization, fruits, christophine, *Sechium edule*.

## INTRODUCCIÓN

La planta cidrayota (*Sechium edule*) fue descubierta por Browne en 1976. La especie *Sechium edule* forma parte de la familia de las Cucurbitáceas, mismas que se caracterizan por ser trepadoras, y constituir uno de los grupos de plantas con mayor número de especies con importancia económica y cultural (Reyes & Galindo, 2012). La *Sechium edule* es conocida con varios nombres comunes, mayoritariamente como chayote, un derivado de la palabra azteca "chayotl" que significa "con espinas"; en Estados Unidos es conocida como christophine, en Louisiana se llama mirliton; en Florida, vegetable-pear, y en Japón, cho-cho (Aung, Ball, & Kushad, 2009). En Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú es conocida como cidrayota; y en otros países latinoamericanos como tayota, papa pobre, guatilla, cidra papa, chuchu, cidra, pataste o papa del aire (Barraga & Rodriguez, Karla, 2010). En la Figura 1 se muestra la taxonomía de la cidrayota.



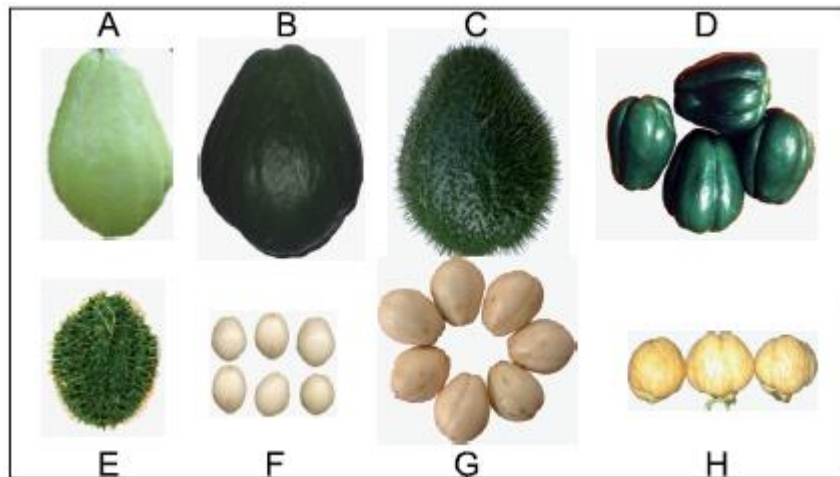
Reino	↔	Plantae
Subreino	↔	Tracheobionta
División	↔	Magnoliophyta
Clase	↔	Magnoliopsida
Subclase	↔	Dilleniidae
Orden	↔	Curcubitales
Familia	↔	Curcubitaceae
Subfamilia	↔	Curcubitoideae
Tribu	↔	Sicyeae
Subtribu	↔	Sicynae
Género	↔	Sechium
Especie	↔	Sechium edule

**Figura 1.** Taxonomía de la Cidrayota (*Sechium edule*) (Campos Ochoa & Flores Trejo, 2012)

Históricamente, la cidrayota o chayote (*Sechium edule*) es una especie domesticada por las culturas precolombinas de América Central, y fue introducida a diferentes países por los españoles debido a su adaptabilidad (Cadena *et al.*, 2010). Existen

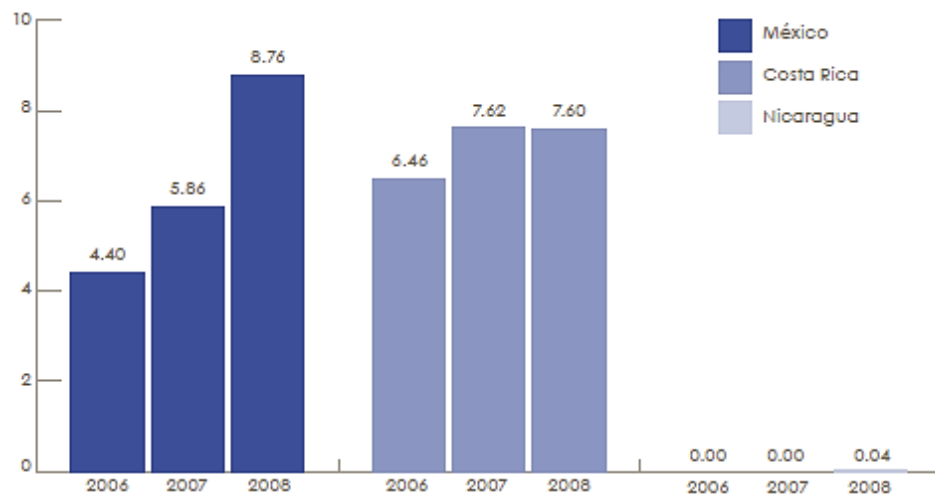


muchas variedades, entre las cuales se encuentra la *Virens levis*, motivo del presente estudio (Figura 2). Según **Jiménez et al. (2007)**, la cidrayota (*Sechium edule*) pertenece a una amplia biodiversidad del trópico, que aún no se ha investigado con profundidad.



**Figura 2.** Variedades de Cidrayota (*Sechium edule* (Jacq) Sw.): **A:** *Virens levis*; **B:** *Vigrum xalapensis*; **C:** *Vigrum spinosum*; **D:** *Vigrum levis*; **E:** Wild relative; **F:** *Albus minor*; **G:** *Albus dulcis*; y **H:** *Albus levis*. **Cadena et al. (2010)**

Según **Loizzo et al. (2016)**, las principales regiones en crecimiento y producción de cidrayota son Costa Rica y México. Las cidrayotas costarricenses son predominantemente exportadas a la Unión Europea, mientras que México (Veracruz) principalmente exporta sus cidrayotas a los Estados Unidos. **Avendaño et al. (2010)** señalan que de acuerdo a la importancia económica de la fruta, México ocupa el primer lugar en producción y exportación de chayote verde liso a nivel mundial con el 53 % del mercado, seguido de Costa Rica (Figura 3). Otros países productores como Guatemala, Brasil, Puerto Rico, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia canalizan la mayor parte de su producción para autoconsumo.



**Figura 3.** Exportación de chayote mexicano (millones de dólares USD) hacia Estados Unidos. **Avendaño et al. (2010)**

Con respecto al aprovechamiento de la fruta en nuestro país, el uso principal de la planta *Sechium edule* es el fruto, que es consumido en fresco como hortaliza. **Mejía et al. (2016)** señalan que la cidrayota (*Sechium edule*) es un producto que posee notables propiedades nutricionales y medicinales, con características poco notorias de color, olor y sabor, haciéndola adecuada para la modificación. Sus propiedades estructurales, relacionadas a su capacidad fisicoquímica para retener solutos cuando es sometida a tratamientos como la impregnación a vacío, la constituyen como una alternativa para el desarrollo de productos innovadores con propiedades funcionales. La fruta también puede ser utilizada por la industria para la elaboración de alimentos infantiles, jugos, salsas y pastas, además de atribuírsela propiedades medicinales (**Avendaño et al., 2010**).

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Tema

Caracterización morfológica y composición físico-química de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).

### 1.2. Justificación

Ecuador es un país rico en diversas materias primas, debido a una variedad de microclimas que permite el cultivo de diversos productos, como es el caso de la cidrayota (*Sechium edule*), una fruta ancestral de Mesoamérica y Sudamérica. Según **Raca Avila (2010)**, esta fruta es de fácil cultivo, se adapta a diferentes climas y se produce durante todo el año. La cidrayota crece entre 0 y 2800 msnm; sin embargo, las mejores condiciones para su desarrollo son entre los 700 y 1200 msnm; y crece bien en clima tropical y sub-tropical cuando la temperatura varía entre los 13 y 21 °C. Además, se produce en suelos sueltos y profundos, ricos en materia orgánica con un pH de 4,5 a 7,5 siempre y cuando tengan buen drenaje, y en suelos muy arcillosos y muy arenosos. La cidrayota requiere de alta humedad relativa, entre 80 y 85 %, y una precipitación entre 1500 y 2000 mm al año bien distribuidos.

Actualmente, no se disponen de estadísticas oficiales acerca de la producción nacional de la cidrayota; sin embargo, su cultivo está distribuido geográficamente en la Costa, Sierra y Amazonía, en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo, Manabí y El Oro; Tungurahua, Bolívar, Azuay y Loja; y Zamora, Morona Santiago y Pastaza, respectivamente. Básicamente, la cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *viren levis* tiene un uso principalmente gastronómico, particularmente en la elaboración de diversos platos típicos en la parte alta de la provincia de El Oro (**Aguilar, 2012; Correa & Jara, 2017**).

Desafortunadamente, la cidrayota es poco conocida y aprovechada en nuestro país, a pesar de constituir una fuente de carbohidratos, minerales (P, K, Na, Fe, Mg, Mn, Zn y Cu) y vitaminas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, C, y E) (Lira, 1996; Mejía Doria, 2016). Siciliano *et al.* (2004) señalan que los frutos y las semillas de cidrayota son especialmente ricos en varios aminoácidos importantes como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina (sólo en los frutos), prolina, serina, tirosina, treonina y valina.

Por lo antedicho, la presente investigación planteó estudiar las características morfológicas, sensoriales y físico-químicas de la cidrayota de la variedad *viren levis* cultivada en dos cantones (Piñas y Baños) de distintas regiones del país (Costa y Sierra), considerando que el clima, el suelo y las condiciones agronómicas pueden influenciar en la calidad sensorial, composición química y morfología de la fruta. Se espera que los resultados de la investigación permitan fomentar su cultivo, procesamiento y consumo, y potenciar la investigación en la elaboración de nuevos productos alimenticios y en la extracción de compuestos bioactivos.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

- Caracterizar morfológica y físico-químicamente la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Establecer las características morfológicas de la Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas y Baños.
- Determinar las características sensoriales, físico-químicas y composición proximal de la pulpa de Cidrayota de los dos cantones.
- Evaluar el efecto de la zona de cultivo y grado de madurez en las características morfológicas, sensoriales y físico-químicas de la pulpa de Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis*.

## CAPÍTULO II

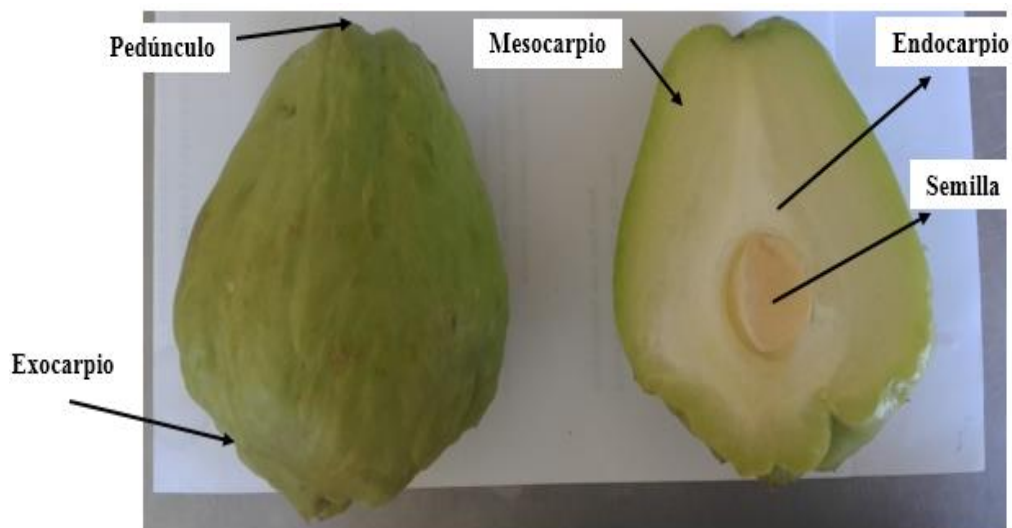
### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes Investigativos

**Campos Ochoa & Flores Trejo (2012)**, señalan que la Cidrayota (*Sechium edule*) es una planta trepadora, monoica y vivípara, cuyo fruto en su mayor parte es comestible y constituido principalmente de las siguientes fracciones:

- El exocarpio: pubescente, liso sin o con espinas, varía en tamaño, con presencia o ausencia de surcos, y tonalidades diferentes.
- El mesocarpio: carnoso seco o suave, color verdoso a blanco, formado por un parénquima de almacenamiento, y rico en nutrientes y fibra que forma una red alrededor del endocarpio.
- La semilla: grande, ovoide aplastada, lisa, suave y formada por dos cotiledones grandes.

En la Figura 4 se muestra la morfología de la Cidrayota (*Sechium edule*).



**Figura 4.** Morfología externa e interna de la Cidrayota (*Sechium edule*)

Botánicamente, la cidrayota es un fruto ovoide, en forma de pera y con un número variable de depresiones longitudinales. El color de la epidermis abarca desde el blanco, pasando por el verde claro hasta el verde oscuro y brillante; además puede ser lisa, o cubierta de pelos cortos finos, o con un número variable de espinas. El color de la pulpa es de verde pálido a blanquecino; de sabor amargo en las plantas silvestres y dulce en las variedades cultivadas; y la semilla tiene forma ovoide con testa lisa y suave (Castro Rodríguez *et al.*, 2015). Además, es una fruta climatérica y la siembra puede realizarse en cualquier época del año, aunque es común que se haga al inicio de la época lluviosa; la duración del ciclo productivo de la planta es en promedio de tres años (Reyes & Galindo, 2012).

Desde el punto de vista nutricional, la cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* es consumida por su alto valor nutritivo (carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética) (Lira, 1996). En la Tabla 1 se muestra la composición nutricional de la cidrayota.

**Tabla 1.** Composición nutricional de la cidrayota (*Sechium edule*).

Composición	Fruta madura	Fruta sin semilla	Semilla
pH	6,5 – 6,7	-	-
Energía (Calorías)	26 – 31	-	-
Humedad (%)	89,0 - 93,4	93,4	-
Proteína (g)	0,9 – 1,1	0,93	5,5
Lípidos (g)	0,1 – 0,3	0,05	-
Carbohidratos (g)	3,5 – 8,4	4,80	6,0
Fibra (g)	0,4 – 1,1	0,41	-
Calcio (mg)	12 – 19	13	12
Fósforo (mg)	20 – 27	27	-
Hierro (mg)	0,4 – 0,8	0,21	-
Potasio (mg)	38	-	-
Vitamina A (mg)	5	-	-
Niacina (mg)	0,4 – 0,5	-	-
Ácido Ascórbico (mg)	11 – 20	-	-

Tomado de Gamboa (2005)

Castro Rodríguez *et al.* (2015) indican que la cidrayota es una fuente importante de vitaminas, como el ácido ascórbico, cuya concentración oscila entre 11 y 20 mg.100

g<sup>-1</sup> de fruta madura. **Avendaño et al. (2010)** señalan una frase del libro Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (**INNSZ, 1996**) “una aportación sobresaliente del chayote es el ácido fólico con 93,5 mg.100 g<sup>-1</sup> en chayote crudo”, mientras que el cocido y picado reduce su valor hasta 14,4 mg.100 g<sup>-1</sup>. Contiene además peroxidadas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas, y se atribuye actividad antialérgica, antiinflamatoria, antiviral y efectos antitumorales (**Siciliano et al., 2004; Cadena et al., 2010**).

**Cadena et al. (2010)** señalan que la cidrayota es una planta ampliamente utilizada debido a su valor nutricional, cuyos frutos inmaduros pueden ser consumidos en ensaladas y constituyen una buena fuente de vitamina C. También los frutos pueden ser hervidos, fritos, cocinados al vapor, rellenos y horneados. Las hojas jóvenes y zarcillos son también consumidos, y las semillas pueden ser salteadas en mantequilla y servidas como aperitivos. **Loizzo et al. (2016)** indican que la pulpa es particularmente adecuada para dar consistencia a los alimentos infantiles, zumos, salsas y pastas.

La cidrayota es también conocida por su uso medicinal mediante la cocción de sus hojas o frutos. Estudios realizados por **Diré et al. (2003)** con frutos y hojas de chayote han revelado actividad diurética, antiinflamatoria e hipotensora, incluso como coadyuvante en la eliminación de cálculos renales. Se utiliza como complemento en el tratamiento de arteriosclerosis e hipertensión, alivia la inflamación intestinal y cutánea, además de favorecer la cauterización de úlceras (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efectos farmacológicos de la Cidrayota (*Sechium edule*)

Tipo de extracto	Efecto	Fuente
Extracto metanólico	Antiinflamatorio Cardiotónico	Salama et al., 1986
β-sitosterol-β-D- glucopiranosido estigmasterol-β-D- glucopiranosido	Antiinflamatorio	Salama et al., 1987
Proteína “sechiumina” de extracto acuoso de semilla	Inactivación ribosomal Agente quimioterapéutico	Wu et al., 1998
Extractos metanólico y acuoso	Antioxidante	Ordoñez et al., 2006
Extractos crudos de ocho tipos biológicos	Antiproliferativo sobre l-929 y p-388	Cadena-Iñiguez et al., 2005, 2007

Tomado de Avendaño et al. (2010)

## **2.2. Hipótesis**

### **2.2.1. Hipótesis Nula ( $H_0$ )**

La zona geográfica y el estado de madurez no afectan significativamente en las propiedades morfológicas y físico-químicas de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).

### **2.2.2. Hipótesis Alternativa ( $H_a$ )**

La zona geográfica y el estado de madurez afectan significativamente en las propiedades morfológicas y físico-químicas de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).

## **2.3. Señalamiento de variables de la hipótesis**

### **2.3.1. Variables Independientes**

- Zona geográfica
- Estado de madurez

### **2.3.2. Variables Dependientes**

- Propiedades morfológicas de la fruta cidrayota
- Propiedades físico-químicas de la pulpa de cidrayota



## CAPÍTULO III MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Materiales

#### 3.1.1. Materia Prima

El material vegetal empleado en este proyecto de investigación fue la cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* del cantón Piñas de la Provincia de El Oro y del cantón Baños de la Provincia de Tungurahua, producida en las propiedades de los señores Gerónimo Añazco y José Díaz, respectivamente.

Para la caracterización y determinación de las propiedades morfológicas y físico-químicas de la cidrayota se consideraron tres estados de madurez (verde, pintón y maduro) (Figura 5) y tres réplicas por estado. Para la determinación del estado de madurez, se elaboró una tabla de color (Anexo E-1) y se seleccionaron los estados 1, 4 y 7 que corresponden a verde (verde oscuro), pintón (verde claro) y maduro (verde amarillento), respectivamente. Luego, la selección de la fruta se realizó a través de un muestreo aleatorio y considerando el estado de madurez y el color. El tamaño de muestra se determinó en función del diseño experimental; es decir, 9 unidades por cada cantón.



**Figura 5.** Cidrayota (*Sechium edule*) según estado de madurez

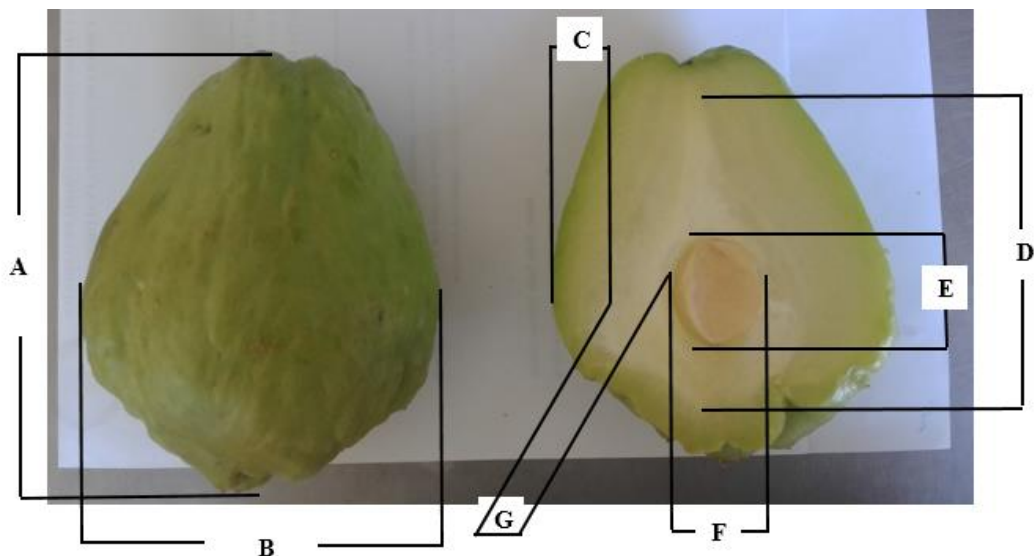
### 3.2. Métodos

Para la determinación de las propiedades morfológicas se utilizó el fruto entero; mientras que para las físico-químicas y termofísicas la pulpa del fruto. Se analizaron tres réplicas por cada estado de madurez y cantón. Mientras que para el análisis sensorial y proximal se utilizó la fruta en estado pintón, mismo que es considerado como el óptimo para el consumo o elaboración de productos derivados.

#### 3.2.1. Caracterización morfológica de la fruta

##### Tamaño

El tamaño de la fruta se determinó considerando la metodología propuesta por **Castro Rodríguez et al. (2015)** y utilizando un calibrador (pie de rey). Para esto, se midió la longitud y el ancho (diámetro mayor, medio y menor), tomando como referencia  $\frac{1}{4}$  en centímetros de distancia para la medición de los diámetros (Figura 6).



**Figura 6.** Dimensionamiento de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis*. **A:** Longitud del fruto, **B:** Anchura del fruto, **C:** Mesocarpio, **D:** Largo del endocarpio, **E:** Largo de la semilla, **F:** Ancho de la semilla, **G:** Espesor del endocarpio (**Castro Rodríguez et al., 2015**)

### **Forma**

La forma de la cidrayota se determinó considerando las medidas transversales y longitudinales del fruto, y las formas descritas en la Carta Estándar de **Alvarado, J. & Aguilera (2001)** (Anexo D).

### **Peso**

Se procedió a pesar la fruta en una balanza analítica (Citizen Scale - USA), con una precisión de 0,1 g, y posteriormente se determinó el valor promedio de las réplicas.

### **Porcentaje (%) de cáscara, pulpa y semilla**

Se determinó mediante la metodología propuesta por **Zamora (2015)** y los datos experimentales se registraron en base a diferencia de pesos.

### **3.2.2. Caracterización sensorial de la fruta y la pulpa**

El color, brillantez y apariencia de la fruta; y el olor, sabor, color y textura de la pulpa fueron evaluados por un panel de 10 catadores (5 hombres y 5 mujeres) semientrenados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. A cada evaluador se le presentó muestras de cidrayota en estado de madurez pintón codificadas como FCP-10 y FCB-20 correspondientes a los cantones Piñas y Baños, respectivamente. Para la preparación de las muestras de pulpa, se seleccionó la fruta en estado pintón en buen estado, luego se lavó, peló y cortó en barras rectangulares de 2 cm de longitud y 1 cm de ancho aproximadamente, y se dejaron en remojo con agua por 1 día, antes de la catación para eliminar posibles mucílagos o gomas de la pulpa.

Para evaluar el atributo apariencia de la fruta, se solicitó a los catadores describir las características de la fruta en forma general, utilizando un vocabulario adecuado para frutas; mientras que para el resto de parámetros se utilizó una escala hedónica de 1 a 3, en la cual la mayor puntuación correspondió a la mejor calidad, lo óptimo, o el resultado esperado. La hoja de cata y la escala correspondiente a cada atributo se muestran en el Anexo B.

### 3.2.3. Caracterización físico-química de la pulpa

#### Potencial de Hidrógeno (pH) y acidez titulable

El potencial de Hidrógeno (pH) se determinó usando un pH-metro digital (Mettler Toledo – G20), por medida directa en una solución de agua destilada (45 ml) con 5 g de pulpa, siguiendo la metodología descrita por **Choi et al. (2011)**. Para la acidez titulable del jugo obtenido de la pulpa se utilizó un titulador automático (Mettler Toledo G20 – Titrator Compact) con NaOH 0,1 N hasta un pH final de  $8,1 \pm 0,2$ , siguiendo las Normas INEN-ISO 1842 (**INEN-ISO, 2013**) e INEN-ISO 750 (**INEN-ISO, 2013**). Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico contenido en la muestra y se calculó mediante la ecuación 1.

$$A = V \times 2 \times F \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

A = Acidez titulable en porcentaje de ácido específico (g ácido cítrico/100 g de fruta)

V = Volumen de solución de NaOH 0,1 N empleado en la titulación (ml)

F = Factor de acidez del ácido cítrico (0,064) (**Castro Rodríguez et al., 2015**)

#### Sólidos solubles (°Brix)

Se determinó por refractometría de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 2173 (**INEN, 2013**) y mediante la utilización de un refractómetro digital ATAGO Pocket – Japón.

#### Índice de madurez

Este indicador se determinó según la metodología propuesta por **Alvarado (1998)** y mediante la ecuación 2.

$$Im = \frac{\text{Grados Brix}}{\text{Acidez Total}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

Im = Índice de Madurez

## Densidad

Primeramente, se determinó el volumen de cada fruta utilizando un balde plástico milimetrado con su correspondiente escala, con 4000 ml de agua, y registrando el volumen de agua desplazada (1 mm = 36 ml) de acuerdo al método gravimétrico propuesto por **Zamora (2015)**. Luego, se determinó la densidad aplicando el principio de Arquímedes, en función de la ecuación 3.

$$\rho = \frac{m (g)}{v (ml)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

$\rho$  = Densidad (g/ml)

m = Peso de la muestra (g)

v = Volumen obtenido de la misma (ml)

## Calor específico

Esta propiedad se determinó según la metodología propuesta por **Alvarado (2014)**, utilizando un calorímetro rudimentario de laboratorio (calorímetro 3). Se inició con la calibración, colocando 75 ml de agua destilada caliente en el calorímetro, esperando a que alcance el equilibrio y registrando la temperatura; luego se colocó 75 ml de agua destilada a temperatura ambiente, se esperó a que alcance el equilibrio y se registró la temperatura; y finalmente se realizó el mismo procedimiento con la pulpa de cidrayota, misma que se cortó en barras rectangulares de 2 cm de longitud y 1 cm de ancho aproximadamente. Para los cálculos se emplearon las ecuaciones 4 y 5.

### Calor específico del agua ( $C_{p H_2O}$ )

Cálculo:

$$C_{p H_2O} = \frac{(C_{pc})(W_{H_2O(c)})(T_o - T_2)}{W_{H_2O(h)}(T_2 - T_1)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Dónde:

$C_{p H_2O}$ : Calor específico del agua (cal / g °C) a obtenerse de la calibración del calorímetro

$C_{pc}$ : Calor específico del agua al ambiente (cal / g °C)

$W_{H_2O(c)}$ : Peso del agua al ambiente (g)

$T_o$ : Temperatura del agua al ambiente ( $^{\circ}C$ )

$T_1$ : Temperatura de equilibrio del agua caliente en el calorímetro ( $^{\circ}C$ )

$T_2$ : Temperatura del agua caliente + agua al ambiente (equilibrio) ( $^{\circ}C$ )

$W_{H_2O(h)}$ : Peso del agua caliente (g)

### Calor específico del alimento ( $C_{p_{al}}$ )

$$C_{p_{al}} = \frac{(C_{p_{H_2O}})(W_{H_2O(h)})(T_e - T_i)}{W_F(T_q - T_e)} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Dónde:

$C_{p_{al}}$ : Calor específico del alimento (cal/ g  $^{\circ}C$ )

$C_{p_{H_2O}}$ : Calor específico del agua (cal/ g  $^{\circ}C$ ) obtenido de la calibración del calorímetro

$W_{H_2O(h)}$ : Peso del agua caliente (g)

$T_e$ : Temperatura de agua caliente + alimento (equilibrio) ( $^{\circ}C$ )

$T_i$ : Temperatura del calorímetro + agua caliente (equilibrio) ( $^{\circ}C$ )

$W_F$ : Masa del alimento (g)

$T_q$ : Temperatura del alimento ( $^{\circ}C$ )

### Conductividad térmica

Esta propiedad se determinó según la metodología propuesta por **Alvarado (2014)**, para lo cual se cortó la pulpa de cidrayota en barras rectangulares de 2 cm de longitud y 1 cm de ancho, con un peso entre 55 y 75 g aproximadamente; luego se colocó la muestra en el cilindro de acero y se introdujo la sonda dentro del mismo; luego se verificó el estado de las conexiones eléctricas del equipo. El equipo tiene como constantes: Intensidad (0,19105 Amperios), Heater resistance (86,60 Ohm/m) y Heating power o Potencia de la fuente de calor ( $Q = 3,16078 \text{ W/m}$ ).

Posteriormente, se realizó un gráfico relacionando  $\ln(t)$  vs.  $(4\pi\Delta TC) / Q$ . Del gráfico obtenido se seleccionó un intervalo de  $\ln(t)$  donde se observó una tendencia lineal. Se

realizó un gráfico con el intervalo seleccionado y se obtuvo la ecuación de regresión, donde el inverso de la pendiente es el valor de la conductividad térmica (W/m °C).

### **Difusividad térmica**

Esta propiedad se determinó a partir de la conductividad térmica calculada anteriormente, y mediante la ecuación 6.

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times C_p} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Dónde:

$\alpha$  = Difusividad térmica de la fruta (m<sup>2</sup>/s)

$k$  = Conductividad térmica de la fruta (W/m °C)

$\rho$  = Densidad de la fruta (g/ml)

$C_p$  = Calor específico de la fruta (cal/g °C)

### **Gravedad específica**

Esta propiedad se determinó según la metodología propuesta por **Alvarado (2014)** y utilizando la ecuación 7.

$$GE = \frac{W}{(W - W_a)} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Dónde:

GE = Gravedad Específica

W = Peso en el aire (g)

W<sub>a</sub> = Peso de la muestra totalmente sumergida en agua (g)

### **Color**

Para medir el color de la pulpa y el color externo de la cidrayota se utilizó un colorímetro marca Lovibond, previamente calibrado. La medición del color se realizó en 3 puntos diferentes de la misma muestra, se utilizó el iluminante D65 y un ángulo observador de 10°, y se determinó en 3 réplicas por cada tratamiento, totalizando 9 mediciones por tratamiento.

Los datos fueron expresados en términos de  $L^*$ , que es una medida de la luminosidad de la muestra y varía entre 0 (negro) y 100 (blanco), y los valores de las coordenadas  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul). Se determinaron los valores de Croma ( $C^*$ ) y el ángulo de tono °Hue, éste corresponde a un ángulo en un círculo de color de 360°, donde 0, 90, 180 y 270° representan el color rojo/púrpura, amarillo, verde y azul, respectivamente. Además, se calculó el porcentaje de índice de blancura a través de la ecuación 8.

$$\% \text{ IB} = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^2 + b^2} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

% IB = Porcentaje de índice de blancura

L = Luminosidad

a = Valor de la coordenada (rojo/verde)

b = Valor de la coordenada (amarillo/azul)

### **Dureza y Firmeza**

La dureza y firmeza de la fruta se determinaron mediante el uso del Texturómetro (Brookfield Engineering Labs, Inc.) y el Software TexturePro CT V1.2 Build 9. Se utilizó una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 10 g con 4 mm de diámetro (TA44) y se realizaron tres mediciones en la cara posterior y anterior de la fruta, en la zona ecuatorial de la misma. Los parámetros fueron: velocidad de 4 mm/s y penetración hasta 5 mm de profundidad; y se utilizaron 2 ciclos, en el primero se determinó la dureza y trabajo total (J), mientras que en el segundo se determinó la firmeza, en un intervalo de tiempo de espera entre ciclos de 5 segundos. Los resultados se expresaron en Newtons (N).

### **3.2.4. Determinación de la composición proximal de la pulpa**

#### **Humedad y Materia Seca**

La humedad de la pulpa se determinó mediante la balanza de humedad (Mettler Toledo HX204 – Moisture Analyzer) con una temperatura de  $105 \pm 0,1$  °C. Para calcular el contenido de materia seca (g/100 g), se utilizó la ecuación 9.



$$\% MS = 100 - \% H \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

% MS = Contenido de Materia seca

% H = Contenido de Humedad

### **Cenizas**

Para esta determinación, la pulpa de cidrayota se cortó en rodajas con un equipo procesador (Robot coupe CL 50 ultra) y se secó en un secador de bandejas por convección (Gander MTN) a una temperatura de  $65,5 \pm 0,1$  °C. Después se molió la muestra y se determinó la humedad de la harina mediante una balanza de humedad (Mettler Toledo HX204 – Moisture Analyzer) a una temperatura de  $150 \pm 0,1$  °C; posteriormente, se pesó aproximadamente 3 g de muestra en los crisoles y se determinó las cenizas en un horno de mufla (Nabertherm – Alemania) a una temperatura de  $650 \pm 0,1$  °C de acuerdo a la Norma (NTE INEN 0401, 2012). Este método ayuda a una estimación del material mineral presente en la fruta, como metales, sales y trazas de elementos. Para el cálculo se empleó la ecuación 10.

$$\% C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (\text{Ecuación 10})$$

Dónde:

% C = Contenido de cenizas

$m_1$  = Masa del crisol vacío (g)

$m_2$  = Masa del crisol con la muestra (g)

$m_3$  = Masa del crisol con las cenizas (g)

### **Proteína, Grasa y Fibra dietética total**

La determinación de proteína, grasa y fibra dietética total se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato mediante los siguientes métodos:

- Análisis de Proteína, método de la AOAC 991.2 Ed 20, 2016.
- Análisis de Grasa, método de la AOAC 2003.06 Ed 20, 2016.
- Análisis de Fibra Dietética Total, método de la AOAC 985.29 Ed 20, 2016.

### Carbohidratos

Se determinó por diferencia de los macronutrientes determinados anteriormente, y utilizando la ecuación 11.

$$\text{Carbohidratos totales} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Cenizas} + \text{Grasa} + \text{Proteína})$$

(Ecuación 11)

### 3.3. Diseño Experimental

Para el análisis de la influencia del estado de madurez (verde, pintón, madura) en las propiedades morfológicas y físico-químicas se consideró un diseño experimental tipo A x B (2x3) con tres réplicas (**Zamora, 2015**). En las Tablas 3 y 4 se observan los factores, los niveles y las combinaciones del diseño experimental.

**Tabla 3.** Estructura del diseño experimental

<b>FACTORES</b>	<b>NIVELES</b>
A: Zona geográfica o de cultivo	a <sub>1</sub> : Cantón Piñas (Provincia de El Oro)
	a <sub>2</sub> : Cantón Baños (Provincia de Tungurahua)
B: Estado o grado de madurez	b <sub>1</sub> : Verde
	b <sub>2</sub> : Pintón
	b <sub>3</sub> : Madura

**Tabla 4.** Distribución de tratamientos

<b>Interacción</b>	<b>Tratamiento</b>
<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub></b>	Cantón Piñas, estado verde
<b>a<sub>1</sub>b<sub>2</sub></b>	Cantón Piñas, estado pintón
<b>a<sub>1</sub>b<sub>3</sub></b>	Cantón Piñas, estado madura
<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub></b>	Cantón Baños, estado verde
<b>a<sub>2</sub>b<sub>2</sub></b>	Cantón Baños, estado pintón
<b>a<sub>2</sub>b<sub>3</sub></b>	Cantón Baños, estado madura

### **Análisis Estadístico**

La información fue tabulada y analizada mediante la utilización de los paquetes informáticos Excel y Statgraphics Centurion XV.II. Los resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA), y cuando éste fue significativo se utilizó el test de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis y discusión de resultados

##### 4.1.1. Caracterización morfológica de la fruta

En la Tabla 5 se muestran los resultados de las secciones longitudinal y horizontal de la fruta de los 2 cantones con 3 estados de madurez. De acuerdo con la Carta Estándar (Alvarado, J. & Aguilera, 2001), la fruta de Piñas y Baños con estado de madurez verde, pintona y madura presentó forma cónica en la sección longitudinal (estrecha hacia el ápice del fruto) y forma irregular en la sección horizontal (corte transversal, muy poco circular), forma propia de la cidrayota de la variedad *virens levis*. Es decir, la forma del fruto no presentó diferencia con respecto a la zona geográfica de cultivo ni al estado de madurez. La forma de la cidrayota es similar a la reportada por Castro Rodríguez *et al.* (2015).

**Tabla 5.** Forma de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	Sección Longitudinal	Sección Horizontal
Piñas (El Oro)	Verde	Cónica*	Irregular**
	Pintona	Cónica*	Irregular**
	Madura	Cónica*	Irregular**
Baños (Tungurahua)	Verde	Cónica*	Irregular**
	Pintona	Cónica*	Irregular**
	Madura	Cónica*	Irregular**

\* Cónica: Estrecha hacia el ápice del fruto.

\*\*Irregular: Sección horizontal; muy poco circular.

En las Tabla 6, 7 y 8 se presentan los resultados de peso, longitud, y diámetros mayor, medio y menor; largo y ancho de semilla, y largo y espesor del endocarpio; y cáscara, pulpa y semilla de la fruta de los 2 cantones en sus 3 estados de madurez, respectivamente.

**Tabla 6.** Dimensionamiento externo<sup>1</sup> de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro Mayor (cm)	Diámetro Medio (cm)	Diámetro Menor (cm)
Piñas	Verde	260,10 ± 60,20	10,63 ± 1,74	8,57 ± 0,81	7,30 ± 1,18	5,83 ± 0,67
	Pintona	420,10 ± 62,36	12,67 ± 0,67	8,10 ± 0,72	7,43 ± 1,21	5,70 ± 0,46
	Madura	435,43 ± 49,72	14,23 ± 0,92	7,50 ± 0,82	6,70 ± 0,30	4,97 ± 0,45
Baños	Verde	293,63 ± 41,01	10,73 ± 1,00	8,27 ± 0,33	7,07 ± 0,45	5,01 ± 0,57
	Pintona	440,27 ± 36,03	12,67 ± 0,35	9,35 ± 0,37	7,54 ± 0,17	6,15 ± 0,10
	Madura	442,63 ± 67,10	12,16 ± 0,99	9,33 ± 0,81	7,95 ± 0,73	5,77 ± 0,82

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento.

El análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ) de los resultados del peso y longitud de fruta, largo y ancho de semilla, y largo de endocarpio mostró que existen diferencias significativas con respecto al Factor B (estado de madurez), particularmente entre la fruta en estado verde y maduro (Anexo A-1: Tablas A1, A4, A7, A8 y A9). Esto se explica por el desarrollo fisiológico del fruto (crecimiento de mesocarpio, endocarpio y semilla), pues la fruta en el transcurso del tiempo se desarrolla y crece, variando sus dimensiones en cada estado de madurez. Entre los factores que influyen en estas características se destacan las condiciones climáticas, como temperatura y humedad relativa, y el tipo de suelo (nutrientes, altitud, pH, modo de cultivo, mm de precipitación anual, entre otros) (Cadena *et al.*, 2010).

**Tabla 7.** Dimensionamiento interno<sup>1</sup> de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	Largo de Semilla (cm)	Ancho de Semilla (cm)	Largo del Endocarpio (cm)	Espesor del Endocarpio (cm)
Piñas (El Oro)	Verde	1,60 ± 0,10	1,10 ± 0,10	7,43 ± 0,15	2,43 ± 0,25
	Pintona	2,10 ± 0,20	1,70 ± 0,20	8,03 ± 0,15	2,97 ± 0,21
	Madura	2,70 ± 0,10	1,97 ± 0,15	8,50 ± 0,20	3,67 ± 0,25
Baños (Tungurahua)	Verde	1,50 ± 0,26	1,23 ± 0,21	7,07 ± 0,21	2,60 ± 0,10
	Pintona	2,27 ± 0,31	1,73 ± 0,21	7,87 ± 0,15	2,83 ± 0,21
	Madura	2,53 ± 0,15	1,87 ± 0,15	8,07 ± 0,15	3,40 ± 0,17

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento.

Con respecto al diámetro mayor de la fruta, y porcentaje de cáscara y de pulpa, el análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ) mostró que existen diferencias significativas con respecto al Factor A (zona geográfica) entre las frutas de cada cantón (Anexo A-1: Tablas A2, A5 y A6), lo cual puede deberse a las condiciones fisiológicas del fruto y al tipo de suelo. También influyen las condiciones climáticas propias que presenta cada cantón, pues Piñas posee un clima templado y húmedo, altitud media de 1000 msnm, temperatura promedio de 16 a 32 °C con una humedad media de 71,5 % y velocidad del viento promedio de 5,6 m/s (Cabrerá, 2015); mientras que Baños presenta una altitud de 1820 msnm, fuertes vientos, zona climática lluviosa tropical, temperatura habitual de 15 a 25 °C en verano (Llerena & Rivera, 2016).

La determinación del porcentaje de cáscara, de pulpa y de semilla (Tabla 8) es muy importante para el procesamiento de la fruta en la elaboración de nuevos productos. Estos porcentajes varían de acuerdo a la variedad, zona geográfica y estado de madurez de la fruta (Zamora, 2015). No obstante, disponer de una fruta con mayor porcentaje de pulpa (mesocarpio) y menores porcentajes de cáscara (exocarpio) y de semilla permite obtener un máximo rendimiento y minimizar costos.

**Tabla 8.** Componentes<sup>1</sup> (%) de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	Cáscara (%)	Pulpa (%)	Semilla (%)
<b>Piñas (El Oro)</b>	Verde	28,09 ± 1,81	63,99 ± 4,80	7,93 ± 2,99
	Pintona	27,93 ± 0,71	61,46 ± 1,12	10,61 ± 1,28
	Madura	26,46 ± 1,54	64,68 ± 3,67	8,85 ± 2,76
<b>Baños (Tungurahua)</b>	Verde	24,17 ± 1,89	71,34 ± 2,23	4,49 ± 0,35
	Pintona	24,11 ± 2,76	71,00 ± 2,78	4,88 ± 0,44
	Madura	26,51 ± 4,36	64,31 ± 7,95	9,18 ± 3,59

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento.

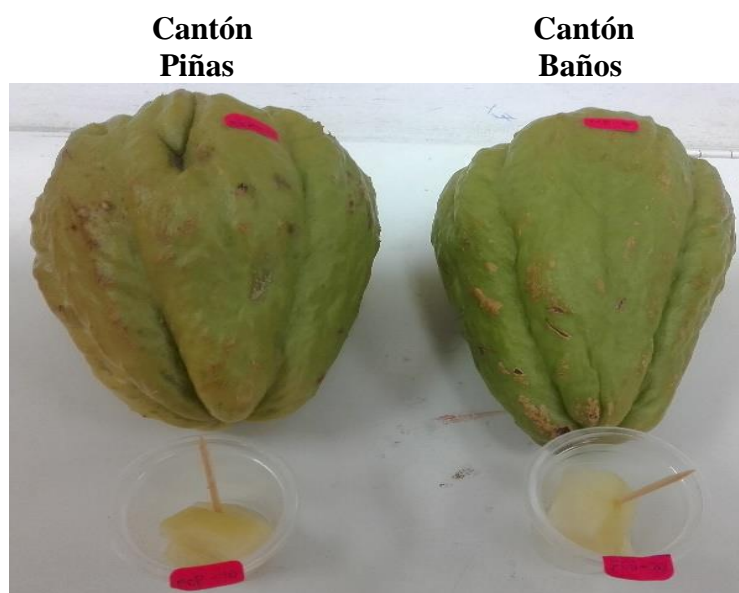
Se observó que la cidrayota, independientemente de su zona geográfica, contiene un bajo porcentaje de semilla (entre 4,49 y 10,61 %) y mayor porcentaje de pulpa (entre 61,46 y 71,34 %), lo cual significa mayor rendimiento y rentabilidad en su procesamiento. En términos generales, la cidrayota procedente de Baños presenta un

mejor porcentaje de pulpa (entre 64,31 y 71,34 %) con respecto al de Piñas (entre 61,46 y 64,68 %). Además, se observó que el porcentaje de cáscara del cantón Piñas disminuye a medida que el grado de madurez aumenta, propio del grado de maduración de la cidrayota.

#### 4.1.2. Caracterización sensorial de la fruta y de la pulpa

El análisis sensorial de la cidrayota (*Sechium edule*) es importante para determinar la calidad óptima para su consumo o procesamiento. Según **Echeverría et al. (2008)**, el análisis sensorial es usado para analizar e interpretar las reacciones a aquellas características del alimento que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto; y que correspondería a la mayor o menor adaptación del producto a los fines perseguidos por los diferentes agentes participantes en la cadena productiva y comercial.

En la Figura 7 se observan las muestras de cidrayota variedad *virens levis* de Piñas y Baños en estado pintón para las pruebas de catación; mientras que en la Tabla 9 se presentan los resultados de los atributos sensoriales de color y brillantez de la fruta, y olor, color, sabor y textura de la pulpa.



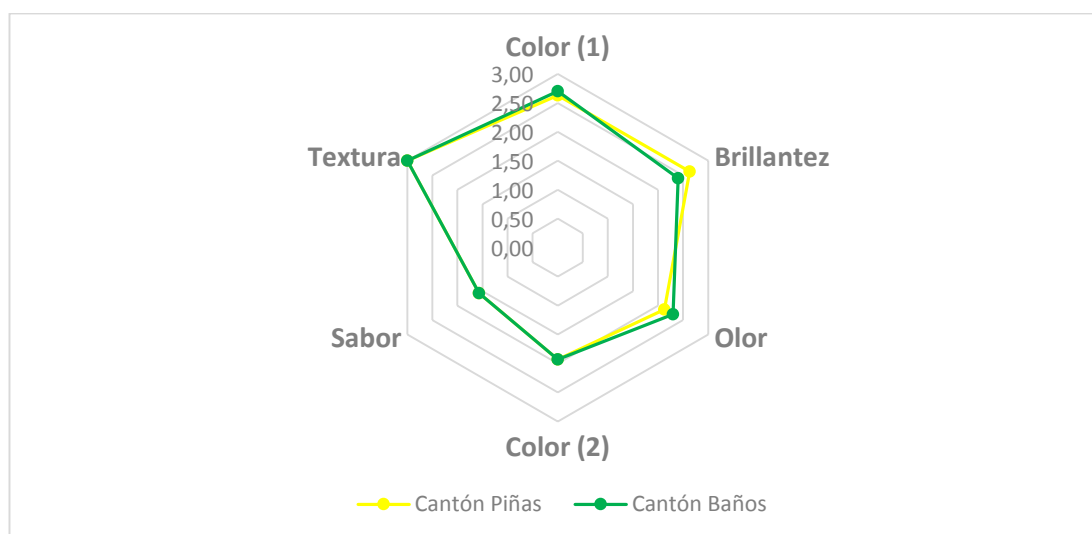
**Figura 7.** Muestras de Cidrayota en estado de madurez pintón para catación.

**Tabla 9.** Atributos sensoriales de la fruta y la pulpa de Cidrayota variedad *virens levis* en estado de madurez pintón

Atributos	Cidrayota cantón Piñas <sup>1</sup>	Cidrayota cantón Baños <sup>1</sup>
Color <sup>2</sup>	2,63 ± 0,12	2,70 ± 0,17
Brillantez <sup>2</sup>	2,63 ± 0,06	2,40 ± 0,10
Olor <sup>3</sup>	2,13 ± 0,12	2,30 ± 0,00
Color <sup>3</sup>	1,93 ± 0,23	1,93 ± 0,31
Sabor <sup>3</sup>	1,57 ± 0,15	1,57 ± 0,15
Textura <sup>3</sup>	3,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 réplicas por cantón;  
<sup>2</sup>Fruta; <sup>3</sup>Pulpa.

La Figura 8 muestra la dispersión de los resultados de los atributos sensoriales de la fruta y de la pulpa de cidrayota en estado pintón.



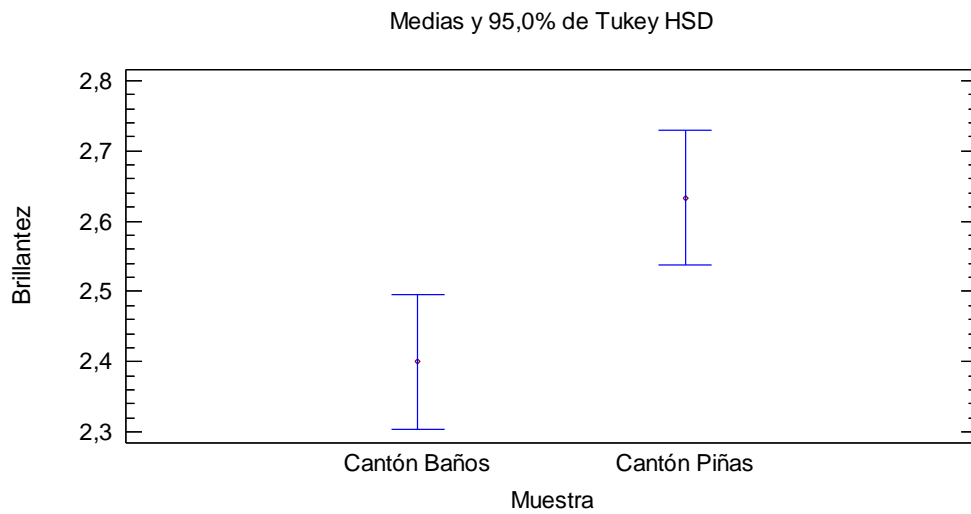
**Figura 8.** Atributos sensoriales de la fruta<sup>1</sup> y de la pulpa<sup>2</sup> de Cidrayota variedad *virens levis* en estado de madurez pintón.

- **Color y brillantez de la fruta**

El análisis de varianza del atributo color al 95 % de confianza no indica diferencia significativa entre muestras, ni catadores, ni interacciones (Anexo A-3: Tabla A20); mientras que para el atributo brillantez presentó diferencia significativa entre muestras y catadores (Anexo A-3: Tabla A21). Es decir, los catadores consideran un color “verde claro uniforme” a las muestras FCP-10 y FCB-20; mientras que para el atributo



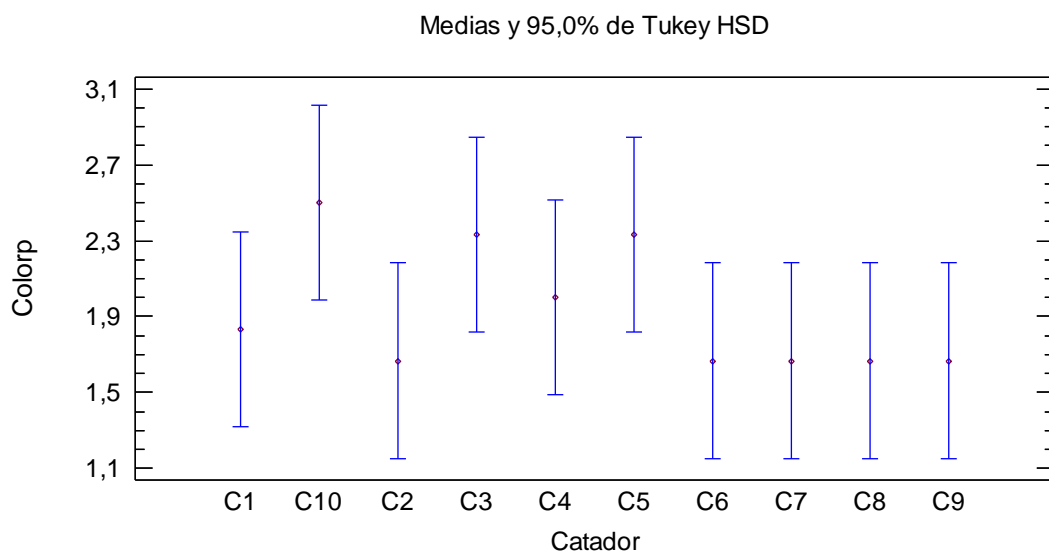
brillantez de la muestra FCP-10 se estableció que la fruta es “brillante” y para la FCB-20 “poco brillante” (Figura 9).



**Figura 9.** Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Brillantez” (muestras)

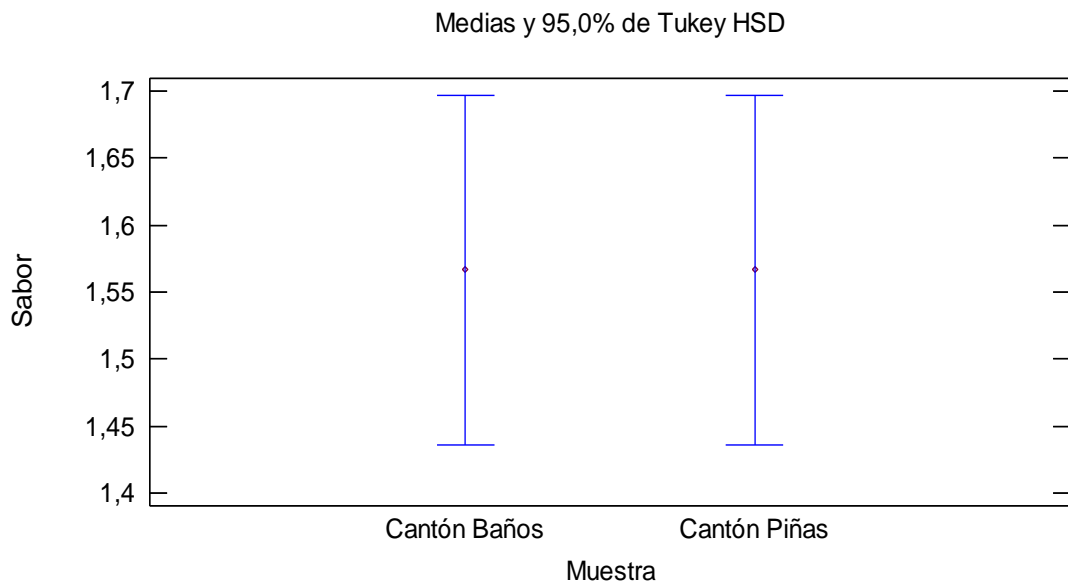
- **Olor, color, sabor y textura de la pulpa**

El análisis de varianza de los atributos olor y color de la pulpa al 95% de confianza indicó diferencia significativa entre catadores (Anexo A-3: Tablas A22 y A23; y Figura 10). Para las dos muestras (FCP-10 y FCB-20), los catadores consideran que tienen un olor “poco dulce afrutado” y color “blanco uniforme” (Figura 8).

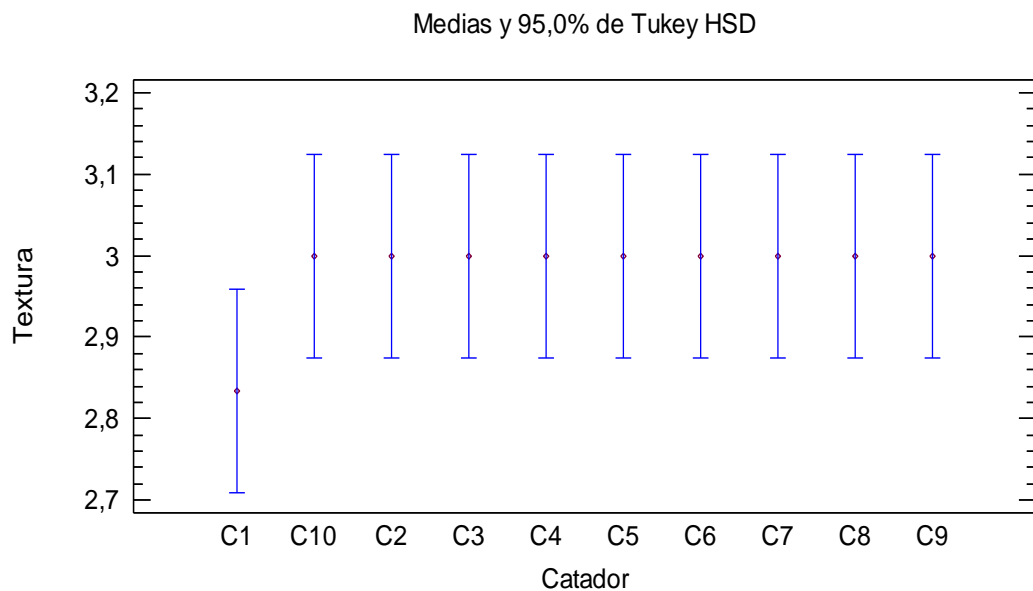


**Figura 10.** Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Color” (catadores)

Con respecto a sabor y textura, no existió diferencia significativa entre muestras, catadores ni interacciones (Anexo A-3: Tabla A24; y Figuras 11 y 12); pues en las dos muestras los catadores consideran que presenta un sabor “poco dulce” y una textura “firme” (Tabla 9 y Figura 8).



**Figura 11.** Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Sabor” (muestras)



**Figura 12.** Prueba de Tukey al 95 % para el atributo “Textura” (catadores)

En consecuencia, la evaluación de los atributos sensoriales de la cidrayota permitió determinar su calidad organoléptica, cuyos resultados entre muestras se debe a la

composición química de la fruta, condiciones climáticas y tipo de suelo donde se cultivó. Según **Echeverría *et al.* (2008)**, la calidad organoléptica está determinada por el conjunto de las propiedades de un producto que actúan de estímulo de diversos receptores sensoriales del organismo afectados antes, durante y después de un eventual consumo; es decir, se trata de una percepción sensual, en la que intervienen fisiológicamente los cinco sentidos humanos. Además, explican que en las frutas hay que tener en cuenta un aspecto importante, que no se da en otros tipos de alimentos; se trata de productos vivos, en los que, aún después de cosechados, se siguen produciendo toda una serie de procesos fisiológicos (respiración, hidrólisis de polisacáridos a azúcares sencillos, degradación de componentes de las paredes celulares, cambios en los pigmentos del exocarpio) que dan lugar a modificaciones en sus características físicas y químicas, y en consecuencia en su calidad sensorial.

#### **4.1.3. Caracterización físico-química de la pulpa**

En la Tabla 10 se indican los resultados de pH, acidez, sólidos solubles, densidad e índice de madurez de la pulpa de cidrayota por cantón y estado de madurez. El análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ) mostró que solamente los  $^{\circ}\text{Brix}$  y la densidad presentan diferencia significativa en el Factor B (estado de madurez) (Anexo A-2: Tablas A12 y A13). Esto se explica por el proceso fisiológico y bioquímico de maduración de las frutas, donde los polímeros de almidón (amilosa y amilopectina) se degradan en los azúcares más frecuentes glucosa, fructosa y sacarosa (**Cámara *et al.*, 2008**). También se observó (Tabla 10) que los sólidos solubles aumentan de acuerdo a su estado de madurez, pero no existe diferencia significativa con el Factor A (zona geográfica); además los resultados de sólidos solubles de la cidrayota de Piñas (entre 2,5 y 3,9) y de Baños (entre 3,2 y 3,9) indican que es una fruta poco dulce en comparación con otras.

**Mejía *et al.* (2016)** determinaron un valor de  $4,0 \pm 0,1$   $^{\circ}\text{Brix}$  para cidrayota, mismo que es cercano a los obtenidos en la fruta pintona y madura del cantón Baños y Piñas, de  $3,9$   $^{\circ}\text{Brix}$ , y entre  $3,6$  y  $3,9$   $^{\circ}\text{Brix}$ , respectivamente.

**Tabla 10.** Características físico-químicas<sup>1</sup> de la pulpa de Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	pH	Acidez (g ác. cítrico/100 g de muestra)	Sólidos Solubles (°Brix)	Densidad (g/ml)	Índice de Madurez (°Brix /Acidez)
Piñas	Verde	6,21 ± 0,23	0,030 ± 0,002	2,53 ± 0,21	0,994 ± 0,005	84,469
	Pintona	6,36 ± 0,22	0,025 ± 0,006	3,63 ± 0,06	0,994 ± 0,002	153,237
	Madura	6,65 ± 0,10	0,030 ± 0,012	3,90 ± 0,26	1,003 ± 0,003	145,288
Baños	Verde	6,14 ± 0,05	0,030 ± 0,004	3,23 ± 0,21	0,995 ± 0,007	108,671
	Pintona	6,25 ± 0,05	0,030 ± 0,006	3,87 ± 0,74	0,991 ± 0,006	134,618
	Madura	6,36 ± 0,09	0,032 ± 0,010	3,90 ± 0,26	1,002 ± 0,001	132,534

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento.

Con respecto a los resultados de pH y acidez de la pulpa (Tabla 10), no se observó diferencia significativa entre los factores A y B. Se obtuvo un pH en un rango entre 6,15 y 6,65, y acidez entre 0,025 y 0,032 (expresado como g de ácido cítrico en 100 g de muestra), valores cercanos y representativos a datos bibliográficos. Así, **Mejía et al. (2016)** obtuvieron un pH de  $6,5 \pm 0,0$  y acidez titulable de  $0,05 \pm 0,01$  en cidrayota.

Los resultados de la densidad de la fruta (Tabla 10) presentaron diferencia significativa con respecto al Factor B, debido a la variabilidad del peso y volumen durante el desarrollo fisiológico de la fruta. Es notorio el incremento de la densidad de la cidrayota del estado verde y pintón (0,994 g/ml) a maduro de la fruta de Piñas (1,003 g/ml). Incremento similar ocurrió con la fruta de Baños hasta 1,002 g/ml. **Alvarado (1998)** señala que la densidad corresponde a la relación entre el peso del cuerpo y el peso de un volumen igual de una sustancia de referencia, y que ésta es influenciada significativamente por la temperatura y humedad. Así, la cantidad de humedad en los materiales agrícolas y productos alimenticios afecta en gran medida a la densidad; la humedad, a su vez, está influenciada por varias causas como el grado de madurez en el momento de la cosecha.

- **Propiedades termofísicas de la pulpa**

Los resultados de las propiedades termofísicas de la pulpa de cidrayota se muestran en la Tabla 11. De estas propiedades, el calor específico y la conductividad térmica no presentaron diferencias significativas según el análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ); mientras que la difusividad térmica presentó diferencia significativa con respecto al Factor B, y la gravedad específica presentó diferencia significativa con respecto a los Factores A y B (Anexo A-2: Tablas A14, A15, A16 y A17).

**Alvarado (2014)** señala como propiedades térmicas de los alimentos: el calor específico, la conductividad térmica y la difusividad térmica; mismas que son utilizadas en ingeniería de alimentos para el cálculo de cargas de calor y cálculo de flujos de calor, y de gran importancia en el procesamiento de alimentos para fijar criterios de calidad y puntos en los que ocurren cambios de fase. También son útiles en tecnología de alimentos para el diseño y control de equipos o comparación de máquinas provenientes de diversas casas comerciales y para el control de la operación de plantas industriales en donde las predicciones por cálculos pueden evitar pruebas experimentales costosas y prolongadas.

**Tabla 11.** Características termofísicas<sup>1</sup> de la pulpa de Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* por cantón y estado de madurez

Cantón	Estado de Madurez	Calor Específico (cal/g °C)	Conductividad Térmica (W/m °C)	Difusividad Térmica (m <sup>2</sup> /s)	Gravedad Específica
<b>Piñas</b>	Verde	0,885 ± 0,011	0,24 ± 0,03	0,28 ± 0,03	1,012 ± 0,002
	Pintona	0,881 ± 0,032	0,28 ± 0,01	0,32 ± 0,01	1,024 ± 0,001
	Madura	0,811 ± 0,095	0,28 ± 0,01	0,34 ± 0,05	1,005 ± 0,001
<b>Baños</b>	Verde	0,825 ± 0,012	0,26 ± 0,04	0,31 ± 0,05	1,012 ± 0,003
	Pintona	0,842 ± 0,029	0,26 ± 0,01	0,32 ± 0,01	1,010 ± 0,002
	Madura	0,819 ± 0,020	0,28 ± 0,02	0,34 ± 0,02	1,011 ± 0,002

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento.

El calor específico (Cp) de la pulpa de cidrayota de los 2 cantones en estado madura presentó un decrecimiento con respecto a verde y pintona (Tabla 11). No obstante, todos los resultados de Cp fueron menores (valor promedio de 0,844 cal/g °C) al

reportado por **Alvarado (1994)** con un valor de 0,942 (cal/g °C) para pulpa de melón (*Cucumis melo*), fruta de la familia de las *Cucurbitaceae*, a la que también pertenece la cidrayota. La diferencia puede deberse a las condiciones de preparación de la muestra, humedad y particularmente la temperatura a la que se realizó la medición, factor muy importante para la variación del Cp de frutas (**Alvis et al., 2012**). **Alvarado (2014)** menciona que conforme se incrementa el contenido de sólidos solubles en la pulpa de fruta, los valores de calor específico decrecen; además esta propiedad está en función de los componentes que constituyen el producto alimenticio, su contenido en agua, temperatura y presión; a la vez, el calor específico aumenta al incrementar el contenido de humedad del alimento.

Con respecto a la conductividad térmica de la pulpa, se obtuvo un valor promedio de 0,267 (W/m °C) en un rango de temperatura de 17 a 35 °C de los tratamientos, lo cual significa que la cidrayota tiene poca capacidad para conducir el calor por conducción. **Swensson (2007)** señala un valor promedio de 0,598 (W/m °C) en un rango de temperatura de 31 a 41 °C para chuchu en estado fresco, como así se conoce a la cidrayota en Brasil. La variación de datos es notable, que pudo deberse al rango de temperatura en el que se realizó las determinaciones, ya que ésta influye directamente en la conductividad térmica de los alimentos (**Alvis et al., 2012**). **Alvarado (2014)** indica que la conductividad térmica depende principalmente de la composición química de la fruta, y también de cualquier otro factor que afecte el paso del flujo de calor a través del alimento, como el porcentaje de espacios vacíos y la presencia de la corteza. También la presencia de aire implica una disminución muy importante de conductividad, debido al valor bajo de conductividad del aire, y la cantidad de humedad en los alimentos afecta en gran medida a la conductividad térmica; otros factores que influyen significativamente son la porosidad y la orientación de la fibra.

El análisis estadístico de los resultados de la difusividad térmica de la pulpa presentó diferencia significativa con respecto al Factor B; y se obtuvo un valor promedio de 0,320 m<sup>2</sup>/s de los tratamientos que indica la capacidad para conducir el calor, o la rapidez a la cual la temperatura cambiará cuando la fruta sea calentada o enfriada. **Alvarado (1994)** señala un valor de 1,32x10<sup>7</sup> m<sup>2</sup>/s para la pulpa de pepino (*Solanum muricatum*), fruto de la familia de las *Cucurbitaceae*, a la que también pertenece la

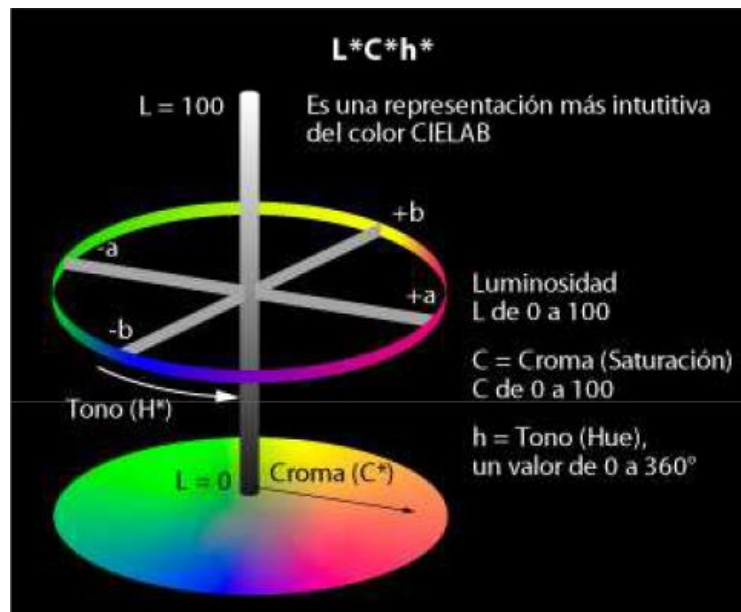
cidrayota. El mismo autor indica que la variación de difusividad térmica se debe a las características físicas de las frutas y compactación de las muestras. **Singh (1982)** en un estudio sobre difusividad térmica en frutas, vegetales y derivados, señala un valor de  $1,37 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  utilizando un rango de temperatura de 0 a 30 °C. La difusividad relaciona la velocidad de flujo de calor con la gradiente de temperaturas a través de la densidad y el calor específico del alimento, luego ésta también será influenciada principalmente por la temperatura. Si la densidad y el calor específico se mantienen constantes, la difusividad térmica y por tanto la velocidad de transferencia de calor aumentará a medida que aumente la conductividad térmica. Por el contrario, los aumentos en la densidad y la cantidad de acumulación de calor para una conductividad térmica constante, disminuirán la tasa de transferencia de calor.

Con respecto a la gravedad específica de la fruta (Tabla 11), el análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ) mostró influencia del Factor A, Factor B, y su interacción (Anexo A-2: Tabla A17). El valor más alto de gravedad específica fue para la cidrayota pintona de Piñas con  $1,024 \pm 0,01$ , valor que supera al de la gravedad específica del agua (1,00), lo cual significa que la cidrayota es más densa que el agua. Según **Cadena et al. (2010)**, otros factores de variación pueden ser la variedad, clima, prácticas de cultivo, duración de la temporada de cultivo, condiciones del suelo, e incidencia de plagas y enfermedades. Más aún, **Alvarado & Medina (2010)** en su estudio sobre tubérculos cultivados en Ecuador señalan que el tamaño del tubérculo influye en las determinaciones de la gravedad específica, por esta razón las unidades de la muestra deben contener tubérculos de todos los tamaños.

- **Color de la fruta**

Según **Carvalho & Betancur (2015)**, el color es un parámetro físico importante en la calidad y determinación del índice de madurez para determinar el momento óptimo de cosecha en muchas frutas y hortalizas. En este trabajo de investigación se determinó el color externo de la fruta y el interno de la pulpa. Para describir los atributos básicos de color se determinó el tono hue ( $H^0$ ), la cromaticidad ( $C^*$ ) y el índice de blancura (IB) en base a las coordenadas cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), mediante 3 determinaciones por cuadrante, cuyos resultados se muestran en las Tablas 12 y 13.

Adicionalmente, en la Figura 13 se explica el tono, la luminosidad y el croma. El tono es el color, cualidad por la cual se distingue una familia de otra de colores cromáticos, como el rojo del amarillo; la luminosidad del color es la cualidad a través de la cual se distinguen los colores claros de los oscuros; y, el croma es la saturación del color o la intensidad de un tono distinto (García y Calixto, 2000).



**Figura 13.** Espacio tridimensional de color CIELAB

La luminosidad ( $L^*$ ) del color externo de la fruta de los tratamientos varió entre 49,7 y 59,6, y de la pulpa entre 63,2 y 80,0, valores que indican una tendencia al color blanco (Tabla 12). Es evidente que al comparar los valores de  $L^*$  de la fruta y la pulpa, los mayores valores de  $L^*$  corresponden a la pulpa, probablemente por la disminución y/o ausencia de pigmentos (clorofila, carotenoides).

El color externo de la fruta en estado verde de los dos cantones presenta valores menores de  $L^*$  (49,7 para Piñas y 54,0 para Baños) y corresponden a verde más oscuro debido a la presencia de pigmentos en la cáscara. A medida que continúa la maduración al estado pintón, los pigmentos se degradan, y por ende se incrementan los valores de  $L^*$  a 57,4 para Piñas y 59,6 para Baños, que corresponden a una coloración verde claro.

Con respecto a la  $L^*$  de la pulpa de los tratamientos (Tabla 13), se observaron valores entre 65,3 y 80,0, que corresponden a una variación de color de blanco transparente a



blanco amarillento. La L\* de la pulpa de los 2 cantones se incrementó desde el estado verde al maduro a medida que avanza la maduración.

Los parámetros a\* y b\* del color externo de fruta de los tratamientos (Tabla 12) presentaron valores de a\* desde -7,2 a -3,9, que significa una tendencia hacia el color verde; mientras que el parámetro b\* muestra valores que se sitúan entre 27,6 y 33,4, lo que indica una ligera tendencia al color amarillo. Mientras que el parámetro a\* para la pulpa presentó valores entre -4,0 y -2,1 (Tabla 13), que conlleva a una tendencia hacia el color verde; y el parámetro b\* entre 15,2 y 17,3, que indica una ligera tendencia al color amarillo.

Los resultados de los parámetros C\* y H° del color externo de la fruta (Tabla 12) se ubicaron en el cuadrante verde-amarillo; mientras que los de la pulpa (Tabla 13) se encuentran en el cuadrante amarillo-verde con baja saturación, debido a la cantidad de agua y coloración blanquecina. Resultados similares para color externo de la cidrayota fueron publicados por **Mejía et al. (2016)**, con valores de a\* y b\* de  $-2,9 \pm 0,5$  y  $11,5 \pm 0,9$ , respectivamente; y valores de L\*, H° y C\* de  $57,8 \pm 0,3$ ,  $104,1 \pm 1,4$  y  $57,8 \pm 11,9$ , respectivamente. **Cadena et al. (2010)** observaron la variación de color empezando por verde oscuro a verde claro en frutos *virens levis*, posiblemente con transición al color amarillo; y el color expresado como H° fue 126,5.

**Tabla 12.** Color externo<sup>1</sup> de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* de los tratamientos

Tratamiento	L*	a*	b*	H°	C*	IB (%)
<b>a1b1</b>	49,7 ± 5,5	-7,2 ± 0,6	27,8 ± 1,7	104,5 ± 1,3	28,7 ± 1,6	41,96 ± 4,05
<b>a1b2</b>	57,4 ± 0,9	-6,9 ± 1,4	30,0 ± 1,3	102,9 ± 2,3	30,8 ± 1,5	47,42 ± 0,46
<b>a1b3</b>	52,8 ± 2,5	-4,6 ± 1,2	29,4 ± 3,0	99,2 ± 3,1	29,7 ± 2,8	44,10 ± 1,50
<b>a2b1</b>	54,0 ± 2,2	-7,2 ± 0,8	27,6 ± 1,5	104,6 ± 0,8	28,6 ± 1,7	45,89 ± 2,57
<b>a2b2</b>	59,6 ± 0,5	-6,9 ± 1,6	33,4 ± 1,8	101,6 ± 2,2	34,1 ± 2,1	47,10 ± 1,46
<b>a2b3</b>	56,1 ± 1,4	-3,9 ± 0,8	32,3 ± 1,5	97,0 ± 1,7	32,5 ± 1,4	45,38 ± 1,14

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento. a1b1: Piñas, verde; a1b2: Piñas, pintona; a1b3: Piñas, madura; a2b1: Baños, verde; a2b2: Baños, pintona; a2b3: Baños, madura.

**Tabla 13.** Color de la pulpa<sup>1</sup> de Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* de los tratamientos

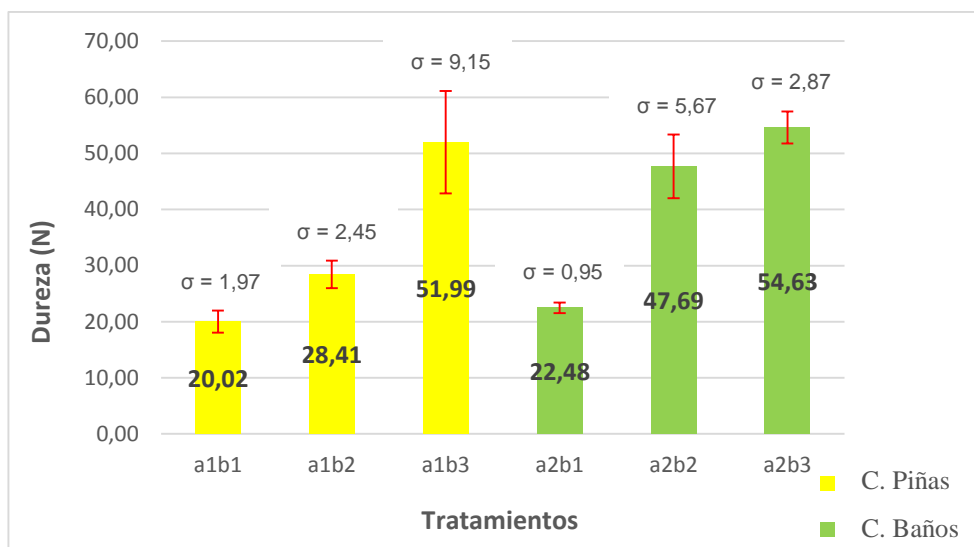
Tratamiento	L*	a*	b*	H <sup>0</sup>	C*	IB (%)
<b>a<sub>1b1</sub></b>	65,7 ± 4,9	-4,0 ± 0,4	17,2 ± 2,5	103,2 ± 0,7	17,6 ± 2,6	61,31 ± 3,64
<b>a<sub>1b2</sub></b>	65,3 ± 1,1	-3,2 ± 0,5	16,0 ± 1,4	101,2 ± 0,6	16,4 ± 1,4	61,62 ± 0,52
<b>a<sub>1b3</sub></b>	74,6 ± 4,0	-2,5 ± 0,6	15,2 ± 2,2	99,4 ± 1,2	15,4 ± 2,3	70,24 ± 4,55
<b>a<sub>2b1</sub></b>	63,2 ± 2,2	-3,5 ± 0,3	17,3 ± 1,3	101,4 ± 0,5	17,7 ± 1,3	59,15 ± 2,43
<b>a<sub>2b2</sub></b>	71,8 ± 1,1	-2,9 ± 0,7	14,4 ± 1,4	101,2 ± 1,6	14,7 ± 1,4	68,24 ± 1,61
<b>a<sub>2b3</sub></b>	80,0 ± 1,0	-2,1 ± 0,7	15,4 ± 1,0	97,8 ± 2,1	15,5 ± 1,0	74,66 ± 1,16

<sup>1</sup>Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento. a<sub>1b1</sub>: Piñas, verde; a<sub>1b2</sub>: Piñas, pintona; a<sub>1b3</sub>: Piñas, madura; a<sub>2b1</sub>: Baños, verde; a<sub>2b2</sub>: Baños, pintona; a<sub>2b3</sub>: Baños, madura.

- **Dureza y Firmeza de la fruta**

En las Figuras 14 y 16 se observan los resultados de dureza y firmeza de la cidrayota, respectivamente, de los tratamientos. Tanto la dureza como la firmeza aumentaron conforme se incrementa el estado de madurez de la fruta de los 2 cantones. Así, la dureza de la cidrayota de Piñas en estado verde de 20,02 N a maduro de 51,19 N, y la de Baños de 22,48 a 54,63 N. Los valores más altos de dureza correspondieron a la cidrayota madura con 51,99 y 54,63 N de los cantones Piñas y Baños, respectivamente; similarmente, la firmeza de la cidrayota madura con valores de 15,39 y 15,08 N, de los cantones Piñas y Baños, respectivamente. Comparativamente, la dureza de la cidrayota de Piñas presentó valores ligeramente menores a la de Baños.

**Castro Rodríguez et al. (2015)** obtuvieron valores de dureza de 6,1 Kg/cm<sup>2</sup> equivalente a 59,82 N para frutos de cidrayota recolectados en estado de madurez comercial (aproximadamente entre los 30 y 35 días después de la fecundación). Para la medición utilizaron un penetrómetro (Fruit Pressure Tester mod. FT 327), instrumento que proporciona valores de dureza menos exactos que el texturómetro utilizado en la presente investigación, lo que explicaría también la diferencia de resultados obtenidos. El análisis estadístico ( $\alpha = 0,05$ ) mostró influencia del Factor A, Factor B y su interacción sobre los resultados de dureza y firmeza (Anexo A-2: Tablas A18 y A19).

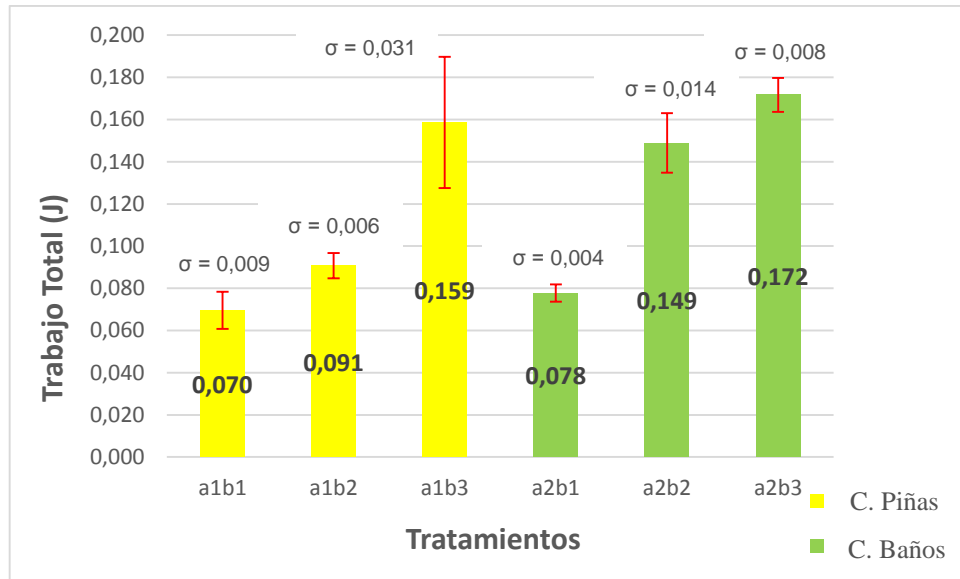


**Figura 14.** Determinación de Dureza<sup>1</sup> (N) de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* de los tratamientos

<sup>1</sup> Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento. a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>: Piñas, verde; a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>: Piñas, pintona; a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>: Piñas, madura; a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>: Baños, verde; a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>: Baños, pintona; a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>: Baños, madura.

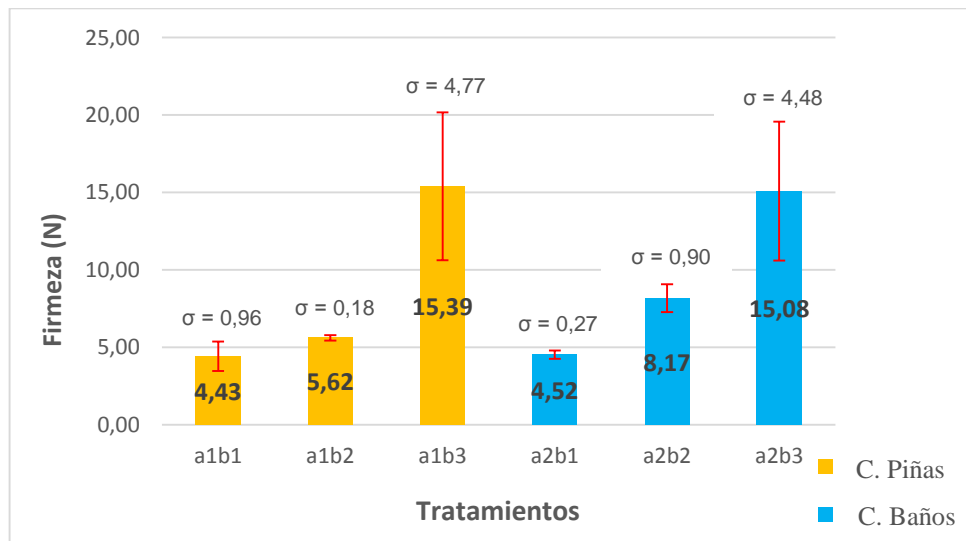
Como se ha señalado, la cidrayota presenta valores de dureza y firmeza más altos a medida que avanza su estado de madurez, inversamente a lo que ocurre generalmente con las frutas, donde la firmeza disminuye a medida que avanzan los procesos de maduración como consecuencia de la degradación del almidón en dextrinas y glucosa (Rodríguez, 2003). Según Martínez *et al.* (2005), a medida que el tejido se va ablandando, pierde cohesividad y se presenta una disminución en las uniones intermoleculares debido a un incremento en la solubilidad de los constituyentes de la pared celular, particularmente de la pectina. La capacidad para mantener una alta calidad estándar, principalmente depende de las propiedades de textura de la fruta, fisiológicamente relacionadas con el proceso de degradación de la pared celular y mecanismos que permiten la presión de alta turgencia interna (Giongo *et al.*, 2013).

Con respecto al trabajo total (Julios) ejercido por la carga de la sonda del texturómetro (Figura 15), se observó que los resultados presentan similar tendencia a los datos de dureza y firmeza; es decir, la fruta madura de cada cantón presentó el mayor trabajo total empleado debido a su alto valor de dureza (Figura 14).



**Figura 15.** Determinación de Trabajo Total<sup>1</sup> (J) de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* de los tratamientos

<sup>1</sup> Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento. a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>: Piñas, verde; a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>: Piñas, pintona; a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>: Piñas, madura; a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>: Baños, verde; a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>: Baños, pintona; a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>: Baños, madura.

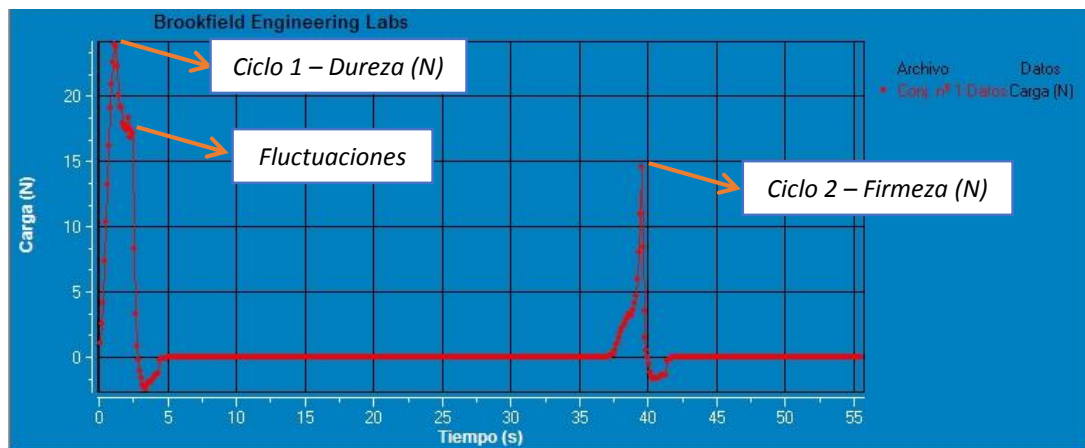


**Figura 16.** Determinación de Firmeza<sup>1</sup> (N) de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* de los tratamientos

<sup>1</sup> Los valores representan el promedio y la desviación estándar de 3 determinaciones por tratamiento. a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>: Piñas, verde; a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>: Piñas, pintona; a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>: Piñas, madura; a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>: Baños, verde; a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>: Baños, pintona; a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>: Baños, madura.

Las curvas de determinación de dureza y firmeza proporcionadas por el software del texturómetro Brookfield (Figura 17) mostraron una secuencia correcta del proceso, correspondiendo el primer pico al ciclo 1 (dureza) y el segundo pico al ciclo 2 (firmeza). También se puede observar en la Figura 17 ciertas fluctuaciones o

variabilidad en el pico del ciclo 1, que corresponden al tejido parenquimático o meristemático propio de la fruta (tejidos fibrosos, duros internamente o pequeñas raíces) que se encuentra debajo del exocarpio (parte externa o cáscara); es decir, la sonda del texturómetro no logra ingresar con facilidad al mesocarpio (pulpa) en forma directa y sin interrupciones, lo cual genera fluctuaciones o pequeños picos en la curva de textura. **Garcés (1987)** en un estudio anatómico y de procesos de crecimiento del fruto del guayabo (*Psidium guajava* L.) menciona que el parénquima placentario crece por divisiones celulares hasta estadios ya avanzados del desarrollo, pero en la madurez, se debe a alargamiento y rompimiento de las células.



**Figura 17.** Gráfica de Dureza (N) y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis*

#### 4.1.4. Determinación de la composición proximal de la pulpa

En la Tabla 14 se presenta la composición proximal de la fruta cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* en estado pintón de los 2 cantones. La cidrayota se encuentra mayoritariamente constituida por agua (92 %), valor similar al reportado por **Castro Rodríguez et al. (2015)** de  $92,3 \pm 0,9$  de humedad, y cuyo conocimiento es importante para procesos de industrialización, transporte o cálculo de vida útil de la fruta. **López & Zambrano (2014)** recomiendan una temperatura de  $7^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del 85 a 90 % para una vida aproximada de almacenamiento de 4 a 6 semanas. Obviamente, el contenido de materia seca (MS) de la fruta es relativamente bajo con 7,9 y 7,3 % para el Cantón Piñas y Baños, respectivamente.

**Tabla 14.** Composición proximal (%) de la pulpa de Cidrayota (*Sechium edule*) variedad *virens levis* en estado pintón

Análisis (%)	Datos experimentales		Datos bibliográficos
	Cantón Piñas	Cantón Baños	
<b>Humedad</b>	92,004	92,680	92,3 ± 0,9
<b>Cenizas</b>	3,115	3,665	0,61*
<b>Grasa</b>	0,179	0,020	0,1 – 0,3**
<b>Proteína</b>	0,492	0,403	0,99 ± 0,13*
<b>Fibra dietética total</b>	3,130	2,130	2,45 ± 0,15*
<b>Carbohidratos totales</b>	4,210	3,232	3,5 – 8,4**

\*Castro Rodríguez *et al.* 2015; \*\*Gamboa, 2005. Datos en base fresca

El contenido de cenizas de la fruta de 3,1 y 3,7 % para los cantones Piñas y Baños, respectivamente, es alto, si se considera que **Morillas & Delgado (2012)** reportaron para cidrayota cultivada en Colombia un valor promedio de 1,07 %, variación que pudo deberse a las distintas condiciones climáticas y tipo de suelo, y variedad de fruta. En esta fracción se encuentran sales minerales, trazas de elementos y metales como: P, K, Na, Fe, Mg, Mn, Zn y Cu (**Lira, 1996**).

El contenido de grasa de la fruta presentó una variación de 0,18 % (Piñas) a 0,02 % (Baños), que puede atribuirse a las características específicas de la zona de cultivo. **Gamboa (2005)** reportó valores en un rango entre 0,1 y 0,3 % de grasa para la cidrayota. Se conoce que la fracción lipídica de las frutas es muy baja y comprende acilglicéridos, glicolípidos, fosfolípidos, carotenoides, triterpenoides y ceras (**Berlitz y Grosch, 1997**).

El contenido de proteína de la fruta de Piñas (0,49 %) y Baños (0,40 %) fueron inferiores al reportado por **Avendaño *et al.* (2010)** con un valor de 0,70 % para la cidrayota *virens levis*, resultados que varían de acuerdo a la variedad, clima y prácticas de cultivo. **Siciliano *et al.* (2004)** señalaron que las proteínas de los frutos y semillas de cidrayota son ricos en varios aminoácidos importantes como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina (sólo en los frutos), prolina, serina, tirosina, treonina y valina.

Con respecto al contenido de fibra dietética total (entre 3,1 y 2,1 %), la cidrayota de Piñas presentó el mayor contenido con respecto a la de Baños. **Berlitz y Grosch (1997)** reportaron un valor de 3,6 % de fibra dietética; mientras que **Lira (1988)** reportó valores de fibra en un rango de 0,4 a 1,0 %, y que la fruta es baja en calorías (aproximadamente 40 calorías por taza), no tiene colesterol, y es baja en sodio. **Muñiz et al. (2012)** reportaron la presencia de inulina (fibra soluble) en la cidrayota.

El contenido de carbohidratos totales de la fruta de Piñas (4,2 %) fue mayor al de Baños (3,2 %). **Gamboa (2005)** reportó valores de carbohidratos totales en un rango de 3,5 a 8,4 %, pues estos componentes pueden variar de acuerdo a la variedad, condiciones climáticas y tipo de suelo. También señala que en el fruto los macronutrientes y micronutrientes disminuyen conforme el fruto crece.

#### **4.2. Verificación de la hipótesis**

En base al diseño experimental AxB, donde el Factor A (zona geográfica) y Factor B (estado de madurez), los resultados obtenidos, y el respectivo análisis de datos ANOVA de cada tratamiento a un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que señala que la zona geográfica y el estado de madurez afectan significativamente ( $\alpha = 0,05$ ) a las propiedades morfológicas y físico-químicas de la fruta Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los Cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se caracterizó morfológica y físico-químicamente la Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis* cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua). La fruta presentó forma ovoide, fisuras longitudinales en el mesocarpio, color verde claro externamente y espinas, independientemente de la zona de cultivo y del estado de madurez. De acuerdo al análisis estadístico con un 95 % de confianza, en términos de peso y volumen promedios, los resultados de la cidrayota de Baños (400 g y 425 ml) no fueron significativos a los de Piñas (350 g y 375 ml). La fruta cultivada en Piñas presentó valores promedios de diámetro 6,90 cm, longitud 12,51 cm, cáscara 27,49 % y pulpa 63,38 %; mientras que la de Baños diámetro 7,38 cm, longitud 11,85 cm, cáscara 24,93 % y pulpa 68,88 %. Con respecto a la dureza y firmeza de la fruta, se observó un incremento proporcional al estado de madurez, independientemente de su zona geográfica; así, la dureza de la fruta de Piñas se incrementó desde 20,02 N (estado verde) hasta 51,99 N (estado maduro); mientras la de Baños desde 22,48 N (estado verde) hasta 54,63 N (estado maduro). Similar tendencia se observó en la firmeza de la fruta.
- La pulpa de cidrayota de Piñas presentó valores promedios de 6,41 pH, 3,4 °Brix y 0,028 de acidez (g ácido cítrico/100 g de muestra); mientras que la de Baños 6,25 pH, 3,7 °Brix y 0,031 g de ácido cítrico. La composición proximal de la pulpa en estado de madurez pintón señaló un contenido de agua de 92 % para los dos cantones, y variaciones en los demás componentes, dependiendo del cantón. Así, se observó en la pulpa de Piñas mayor contenido de proteína (0,49 %), fibra (3,13 %) y carbohidratos (4,21 %) que la de Baños con proteína (0,40 %), fibra (2,13 %) y carbohidratos (3,23 %). En el análisis sensorial, los catadores establecieron valores similares de color (2 = poco blanco uniforme), sabor (2 = poco dulce) y textura (3 = firme) para la pulpa de los dos cantones; variando ligeramente en el atributo olor (poco dulce afrutado) con 2,13 y 2,30 para Piñas y Baños, respectivamente.



- La zona de cultivo o geográfica afectó significativamente ( $\alpha = 0,05$ ) a las propiedades morfológicas de la fruta (tamaño, peso, volumen, diámetro, y porcentaje de cáscara y pulpa), físico-químicas de la pulpa (densidad, calor específico, conductividad térmica, difusividad térmica, gravedad específica y dureza), y sensoriales de la fruta (color y brillantez) y de la pulpa (color y olor). Las condiciones climáticas, agronómicas y tipo de suelo de los cantones Piñas y Baños afectaron a la calidad del fruto y de la pulpa de cidrayota en las muestras seleccionadas.
- El grado o estado de madurez de la fruta, independientemente del cantón, también influyó significativamente ( $\alpha = 0,05$ ) en las características morfológicas de la fruta (longitud, tamaño, peso, volumen, longitud y ancho de semilla, y longitud del endocarpio) debido al desarrollo fisiológico a través del tiempo. También fueron afectadas las características físico-químicas de la pulpa (sólidos solubles, densidad, difusividad térmica, gravedad específica, dureza y firmeza), y la brillantez de la fruta.
- Adicionalmente, se elaboró una tabla de color en función del grado de madurez de la cidrayota que facilitará futuros trabajos de investigación sobre conservación y procesamiento de la cidrayota.

## 5.2. Recomendaciones

- Difundir las características morfológicas, físico-químicas y nutricionales de la cidrayota con el propósito de mejorar su consumo en fresco y/o procesamiento en la elaboración de harinas, mermeladas, fruta confitada, conservas en almíbar o solución salina, bebidas energéticas, productos de cuarta gama, entre otros.
- Caracterizar otras variedades de Cidrayota (*Sechium edule*) para potenciar su cultivo, consumo y uso en la industria alimentaria.
- Determinar los compuestos bioactivos y propiedades funcionales de la fruta como: Minerales, vitaminas, antioxidantes, flavonoides, terpenos, pigmentos y ácido ascórbico.
- Mejorar la determinación de las propiedades termofísicas de la cidrayota mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC).

## MATERIAL DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I. A.** (2012). "Estudio Gastronómico del Cantón Zaruma en la Provincia de El Oro y propuesta tecnológica". Universidad Tecnológica Equinoccial. Retrieved from [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11712/1/50098\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11712/1/50098_1.pdf).
- Alvarado, J. de D.** (1994). "Propiedades físicas de frutas. IV. Difusividad y Conductividad térmica efectiva de pulpas". *Latin American Applied Research (LAAR)*, 24:41-47.
- Alvarado, J. de D.** (1998). "Determinación de la madurez de frutas por medida de la densidad relativa del jugo". OEA – CONACYT - Universidad Técnica de Ambato. (Ambato - Ecuador).
- Alvarado, J. de D.** (2014). "Principios de Ingeniería Aplicados a Alimentos". Segunda Edición, Editorial Megagraf. Universidad Técnica de Ambato (Ambato – Ecuador).
- Alvarado, J. & Aguilera, J. M.** (2001). "Interés del estudio de las propiedades morfogeométricas en alimentos sólidos". *Métodos para determinar propiedades físicas en la industria de los alimentos*. Editorial Agrivia S. A.
- Alvarado, J. D. & Medina, R.,** (2010). "Desarrollo y Validación de Modelos Matemáticos que Relacionan a la Gravedad Específica con el Contenido de Materia Seca y de Almidón en Tubérculos Cultivados en Ecuador". *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*, Vol. 23, N. 3, 27- 33, (Diciembre, 2010).
- Alvis, A.; Caicedo, I. & Peña, P.** "Determinación de Propiedades Termofísicas de Alimentos en Función de la Concentración y la Temperatura empleando un Programa Computacional". Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería (Córdoba – Colombia). *Información Tecnológica, Vol. 23(1), 111-116 (2012)*.
- A.O.A.C.,** (1995). "Official Methods of Analysis". En *A.O. Chemistry*. USA.
- Aung, L. H., Ball, A., & Kushad, M.** (2009). *Developmental and Nutritional Aspects of Chayote (Sechium edule, Cucurbitaceae)* Author (s): Louis H. Aung, Amelia Ball, Mosbah Kushad Published by: Springer on behalf of New York

Botanical Garden Press Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/425>. *New York*, 44(2), 157–164.

- Avendaño, C.**; Cadena, J.; Arévalo, M.; Campos, E.; Cisneros, V.; Aguirre, J. (2010). Las Variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de Comercialización. (J. Avendaño, C.; Cadena, J.; Arévalo, M.; Campos, E.; Cisneros, V.; Aguirre, Ed.) (Grupo Inte). México: Editorial KROW, S.C.
- Barraga, C. A., & Rodriguez, Karla, B.** (2010). "Caracterización disicoquímica del almidón de raíz de *Sechium edule* (güisquil) verde sin espinas de El Salvador, no modificado y pregelatinizado, comparado con el almidón comercial STARCH 1500®". Universidad de el Salvador.
- Berlitz, H. D, Grosch W.** (1997). "Química de los Alimentos". 2ª Ed. - Editorial Acribia. (Zaragoza –España).
- Cabrera, P. A.** (2015). "El turismo sostenible como alternativa de desarrollo para el Cantón Piñas, Provincia de El Oro". Universidad de Cuenca. (Cuenca - Ecuador). Pág. 9, Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23564>
- Cadena, J., Hernández, M. S., Lourdes, M. De, Galarza, A., Hugo, C., Arrazate, A., ... Ruiz, M.** (2010). "Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de Chayote", *XVII*, 45–55.
- Cámara, M., Sánchez M. & Torija M.** (2008). "Nutrición y salud: Frutas y verduras, fuentes de salud". Departamento de Nutrición y Bromatología II. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Editorial Nueva Imprenta S.A. (Madrid – España). Pág. 14.
- Carvalho, C. P., & Betancur, J. A.** (2015). Quality characterization of Andean blackberry fruits (*Rubus glaucus* Benth) in different maturity stages in Antioquia, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 33(1), 74-83.
- Castro Rodríguez, J., Toledo Díaz, A., Rodríguez Galdón, B., Perdomo Molina, A., Rodríguez-Rodríguez, E., & Díaz Romero, C.** (2015). "Caracterización morfológica y composición química de Chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España)", *65*(4), 243–251.
- Choi, Y.-S., Choi, J., Han, D., Kim, H.-Y., Lee, M., Kim, H.-W., Kim, C.** (2011). "Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system". *Meat Science*, 88(1), 59–66.

- Correa, N. I. & Jara, B. M.** (2017). "Elaboración de nuevas propuestas culinarias a base del chayote (*Sechium edule*)". Universidad de Guayaquil (Guayaquil - Ecuador). Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20737>
- Diré, G.; Lima, E.; Gómez, M.; Bernardo-Filho, M.** (2003). "The effects of a chayote *Sechium edule* extracts (decoct and macerated) on the labelling of blood elements with technetium-99m and on the biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate in mice: an in vitro and in vivo analysis". *Pakistan Journal of Nutrition* 2, 221-227.
- Echeverría, G., Graell, J., López L. & Lara, I.**, (2008). "La calidad organoléptica de la fruta". Grupo de Aromas y Calidad Sensorial, Área de Poscosecha UdL-IRTA (Lleida -España). *Horticultura Internacional*.
- Gamboa, M. W.** (2005). "Producción agroecológica. Una producción para el desarrollo del cultivo de chayote (*Sechium edule (jacp.) Sw*)". Ed. Universidad de Costa Rica. (San José – Costa Rica). Pág. 3.
- Garcés, E.** (1987). "Estudio Anatómico y de los Procesos de Crecimiento del Fruto del Guayabo (*Psidium guajava L.*). *Agronomía Colombiana*. 1987. Volumen IV: 23-30.
- García, J. A. L., y Calixto, F. S.** (2000). "Evaluation of CIE-lab parameter during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida L.*)". *International Journal of Food Science and Technology* 35, 385-389.
- Giongo, L., Poncetta, P., Loretti, P., y Costa, F.** (2013). "Textura de perfiles de arándanos durante el desarrollo del fruto, maduración y almacenamiento". *Poscosecha Biología y Tecnología*, 2013, vol. 76, no. 6. p. 34-39.
- INNSZ**, (1996). "Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubiran: Tablas de Composición de Alimentos". Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos. 248 p.
- Jiménez Hernández, J., Salazar-Montoya, J. A., & Ramos-Ramírez, E. G.** (2007). "Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches". *Carbohydrate Polymers*, 68(4), 679–686.

<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.07.035>.

- Lira, S. R.** (1996). "Chayote. *Sechium edule* (Jacq.) Sw.". Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.8. Institute of plants Genetics and Crops Plant Reserch, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome Italy.
- Lira, R.** Castrejón. (1988). "La agricultura en Mesoamérica. Chayote". México.
- Llerena, A. & Rivera, R.** (2016). "Difusión publicitaria de las tradiciones, representativas del Cantón Baños, para fomentar el turismo". Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Riobamba - Ecuador). Pág. 24, Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5691>
- Loizzo, M. R., Bonesi, M., Menichini, F., Tenuta, M. C., Leporini, M., & Tundis, R.** (2016). "Antioxidant and Carbohydrate-Hydrolysing Enzymes Potential of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz (Cucurbitaceae) Peel, Leaves and Pulp Fresh and Processed". *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(4), 381–387. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0571-4>.
- López, Alex E. & Zambrano Diego S.** (2014). "Diseño y construcción de una máquina de pruebas para el control de tiempo, temperatura y humedad en la experimentación del proceso de deshidratación para la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi". Especialidad Electromecánica. (Latacunga – Ecuador). Pág. 121.
- Martínez, V., Nieto, A., Viollaz, P. y Alzamora, S.** (2005). "Viscoelastic behaviour of melon tissue influenced by blanching and osmotic dehydration". *Journal of Food Science*, 2005, vol. 70, no. 1, p. 12-18.
- Mejía Doria, C., Duque Cifuentes, A., Garcia-alzate, L., & Padilla-sanabria, Y. G. L.** (2016). "Caracterización fisicoquímica de geometrías de cidra (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) impregnadas a vacío con maracuyá", 34(4), 1211–1214. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58373>.
- Morillas, JM. & Delgado, JM.** (2012). "Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales". *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. (Murcia – España); 32(2):8-20.
- Muñiz, G. Ileana E; Jiménez A, Héctor D; Vargas M, Nidia; Melo R, Virginia; Márquez. C, Beatriz.** (2012). "Valor nutricional del chinchayote (*Sechium edule* sw) y una propuesta de estudio etnobotánico". Universidad Autónoma

- Metropolitana Unidad Xochimilco, México. Rev. Latinoamer. Quim. 2012, 39 (Suplemento Especial).
- NTE INEN 0401.** (2012). "Conservas vegetales. Determinación de Cenizas".
- NTE INEN-ISO 750:2013.** Número de referencia ISO 750:1998 (E). "Productos vegetales y de frutas – Determinación de la acidez titulable (IDT)"
- NTE INEN-ISO 1842 (2013).** "Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH (IDT)".
- NTE INEN-ISO 2173 (2013).** "Productos vegetales y de frutas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico., 2, 1-3".
- Raca** Avila, H. (2010). "Manual de Producción de Pataste o chayote". La Lima. Retrieved from [bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/74/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Pataste\\_15-10.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/74/EDA_Manual_Produccion_Pataste_15-10.pdf?sequence=1)
- Reyes, E., & Galindo, M.** (2012). "Estudio del Chayote (*Sechium edule (Jacq.) Sw.*)". Universidad Veracruzana.
- Rodríguez, M.** (2003). "Estudio de la conservación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) utilizando los métodos de atmósfera modificada, refrigeración y encerado". Trabajo de grado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 123 p.
- Siciliano, T., De Tommasi, N., Morelli, I., & Braca, A.** (2004). "Study of flavonoids of *Sechium edule (Jacq) Swartz* (Cucurbitaceae) different edible organs by liquid chromatography photodiode array mass spectrometry". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(21), 6510–6515. <https://doi.org/10.1021/jf040214q>.
- Singh, R. P.** (1982). Thermal diffusivity in food processing. *Food Technol.* 36(2), 87-91.
- Swensson de Mattos, J.** (2007). "Banco de datos de Propiedades Termofísicas de productos hortícolas". Universidad Estatal de Campinas (Campinas-Brasil). Pág. 76.
- Zamora, A.** (2015). "Determinación de las Propiedades Físicas y Químicas de la Badea (*Passiflora quadrangularis*)". Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9353/1/AL\\_551.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9353/1/AL_551.pdf)

# ANEXOS

# **ANEXO A**

**ANOVAS DE LA CARACTERIZACIÓN  
DE LA CIDRAYOTA**



## ANEXO A-1

### ANOVAS DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS

**Tabla A1.** Análisis de Varianza para Longitud (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	1,94045	1	1,94045	1,81	0,2029
B: Factor B	21,083	2	10,5415	9,86	0,0029
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	4,5019	2	2,25095	2,10	0,1646
RESIDUOS	12,8338	12	1,06948		
TOTAL (CORREGIDO)	40,3592	17			

**Tabla A2.** Análisis de Varianza para Diámetro Mayor (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	3,87347	1	3,87347	8,46	0,0131
B: Factor B	0,386544	2	0,193272	0,42	0,6650
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	3,61988	2	1,80994	3,95	0,0480
RESIDUOS	5,4934	12	0,457783		
TOTAL (CORREGIDO)	13,3733	17			

**Tabla A3.** Análisis de Varianza para Diámetro Menor (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	0,0896056	1	0,0896056	0,29	0,6010
B: Factor B	1,12808	2	0,564039	1,82	0,2047
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	2,20274	2	1,10137	3,55	0,0617
RESIDUOS	3,72807	12	0,310672		
TOTAL (CORREGIDO)	7,14849	17			

**Tabla A4.** Análisis de Varianza para Peso (g) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	1854,4	1	1854,4	0,64	0,4403
B: Factor B	99764,7	2	49882,4	17,13	<b>0,0003</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	520,123	2	260,062	0,09	0,9151
RESIDUOS	34934,6	12	2911,22		
TOTAL (CORREGIDO)	137074,	17			

**Tabla A5.** Análisis de Varianza para % de Cáscara - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	29,5168	1	29,5168	4,87	<b>0,0475</b>
B: Factor B	0,723033	2	0,361517	0,06	0,9423
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	15,3488	2	7,67441	1,27	0,3168
RESIDUOS	72,6766	12	6,05638		
TOTAL (CORREGIDO)	118,265	17			

**Tabla A6.** Análisis de Varianza para % de Pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	136,51	1	136,51	7,20	<b>0,0199</b>
B: Factor B	30,2347	2	15,1174	0,80	0,4729
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	81,54	2	40,77	2,15	0,1591
RESIDUOS	227,433	12	18,9527		
TOTAL (CORREGIDO)	475,718	17			

**Tabla A7.** Análisis de Varianza para Longitud de Semilla (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	0,045	1	0,045	1,09	0,3161
B: Factor B	3,57333	2	1,78667	43,46	<b>0,0000</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0133333	2	0,00666667	0,16	0,8521
RESIDUOS	0,493333	12	0,0411111		
TOTAL (CORREGIDO)	4,125	17			

**Tabla A8.** Análisis de Varianza para Ancho de Semilla (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	0,00222222	1	0,00222222	0,07	0,7920
B: Factor B	1,81	2	0,905	29,62	<b>0,0000</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,04111111	2	0,02055556	0,67	0,5286
RESIDUOS	0,366667	12	0,0305556		
TOTAL (CORREGIDO)	2,22	17			

**Tabla A9.** Análisis de Varianza para Longitud del Endocarpio (cm) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Factor A	0,467222	1	0,467222	15,87	<b>0,0018</b>
B: Factor B	3,33778	2	1,66889	56,68	<b>0,0000</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,0577778	2	0,0288889	0,98	0,4030
RESIDUOS	0,353333	12	0,0294444		
TOTAL (CORREGIDO)	4,21611	17			

## ANEXO A-2

### ANOVAS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

**Tabla A10.** Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,933889	1	0,933889	1,97	0,1855
B: FACTOR B	0,378233	2	0,189117	0,40	0,6792
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1,20321	2	0,601606	1,27	0,3158
RESIDUOS	5,68007	12	0,473339		
TOTAL (CORREGIDO)	8,1954	17			

**Tabla A11.** Análisis de Varianza para Acidez (g de ácido cítrico) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,0000245	1	0,0000245	0,42	0,5272
B: FACTOR B	0,000040111	2	0,0000200556	0,35	0,7136
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000022333	2	0,0000111667	0,19	0,8268
RESIDUOS	0,000693333	12	0,0000577778		
TOTAL (CORREGIDO)	0,000780278	17			

**Tabla A12.** Análisis de Varianza para °Brix - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,435556	1	0,435556	3,38	0,0909
B: FACTOR B	3,61444	2	1,80722	14,02	0,0007
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,381111	2	0,190556	1,48	0,2667
RESIDUOS	1,54667	12	0,128889		
TOTAL (CORREGIDO)	5,97778	17			

**Tabla A13.** Análisis de Varianza para Densidad (g/ml) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,000002722	1	0,00000272222	0,14	0,7129
B: FACTOR B	0,000329333	2	0,000164667	8,59	<b>0,0048</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000012444	2	0,00000622222	0,32	0,7289
RESIDUOS	0,00023	12	0,0000191667		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0005745	17			

**Tabla A14.** Análisis de Varianza para Calor específico (cal/g °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,00420139	1	0,00420139	2,17	0,1661
B: FACTOR B	0,00774744	2	0,00387372	2,00	0,1774
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,00360744	2	0,00180372	0,93	0,4201
RESIDUOS	0,0231947	12	0,00193289		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0387509	17			

**Tabla A15.** Análisis de Varianza para Conductividad térmica (W/m °C) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,000006722	1	0,00000672222	0,01	0,9069
B: FACTOR B	0,00283544	2	0,00141772	3,01	0,0872
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000850778	2	0,000425389	0,90	0,4311
RESIDUOS	0,00565133	12	0,000470944		
TOTAL (CORREGIDO)	0,00934428	17			

**Tabla A16.** Análisis de Varianza para Difusividad térmica (m<sup>2</sup>/s) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,000016055	1	0,0000160556	1,14	0,3062
B: FACTOR B	0,000361333	2	0,000180667	12,85	<b>0,0010</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000008444	2	0,00000422222	0,30	0,7459
RESIDUOS	0,000168667	12	0,0000140556		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0005545	17			

**Tabla A17.** Análisis de Varianza para Gravedad específica - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	0,000032	1	0,000032	6,55	0,0251
B: FACTOR B	0,000271444	2	0,000135722	27,76	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,000322333	2	0,000161167	32,97	0,0000
RESIDUOS	0,000058666	12	0,00000488889		
TOTAL (CORREGIDO)	0,000684444	17			

**Tabla A18.** Análisis de Varianza para Dureza (N) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	297,111	1	297,111	13,21	0,0034
B: FACTOR B	3085,94	2	1542,97	68,63	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	279,804	2	139,902	6,22	0,0140
RESIDUOS	269,794	12	22,4829		
TOTAL (CORREGIDO)	3932,65	17			

**Tabla A19.** Análisis de Varianza para Firmeza (N) - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: FACTOR A	2,30409	1	2,30409	0,31	0,5872
B: FACTOR B	384,956	2	192,478	26,00	0,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	6,18588	2	3,09294	0,42	0,6677
RESIDUOS	88,8452	12	7,40377		
TOTAL (CORREGIDO)	482,291	17			

### ANEXO A-3

#### ANOVAS DEL ANÁLISIS SENSORIAL

**Tabla A20.** Análisis de Varianza para Color de la fruta - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Catador	1,66667	9	0,185185	0,69	0,7097
B: Muestra	0,0666667	1	0,0666667	0,25	0,6198
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,933333	9	0,103704	0,39	0,9334
RESIDUOS	10,6667	40	0,266667		
TOTAL (CORREGIDO)	13,3333	59			

**Tabla A21.** Análisis de Varianza para Brillantez de la fruta - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Catador	7,48333	9	0,831481	6,24	<b>0,0000</b>
B: Muestra	0,816667	1	0,816667	6,12	<b>0,0177</b>
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	1,35	9	0,15	1,12	0,3683
RESIDUOS	5,33333	40	0,133333		
TOTAL (CORREGIDO)	14,9833	59			

**Tabla A22.** Análisis de Varianza para Olor de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Catador	3,01667	9	0,335185	2,23	<b>0,0396</b>
B: Muestra	0,416667	1	0,416667	2,78	0,1034
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	2,75	9	0,305556	2,04	0,0601
RESIDUOS	6,0	40	0,15		
TOTAL (CORREGIDO)	12,1833	59			

**Tabla A23.** Análisis de Varianza para Color de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Catador	6,06667	9	0,674074	2,38	0,0292
B: Muestra	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,333333	9	0,037037	0,13	0,9986
RESIDUOS	11,3333	40	0,283333		
TOTAL (CORREGIDO)	17,7333	59			

**Tabla A24.** Análisis de Varianza para Sabor de la pulpa - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Catador	4,06667	9	0,451852	1,81	0,0970
B: Muestra	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	0,666667	9	0,0740741	0,30	0,9716
RESIDUOS	10,0	40	0,25		
TOTAL (CORREGIDO)	14,7333	59			



# **ANEXO B**

HOJA DE CATACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**HOJA DE CATACIÓN**  
**FRUTA CIDRAYOTA (*Sechium edule*)**

**NOMBRE:**..... **FECHA:** .....

**HORA:** .....

**INSTRUCCIONES:** Por favor degustar las siguientes muestras, marcar con una X en las opciones que Usted considere conveniente, además en Apariencia describir toda la información necesaria para la fruta de acuerdo a un vocabulario adecuado.

**APARIENCIA:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

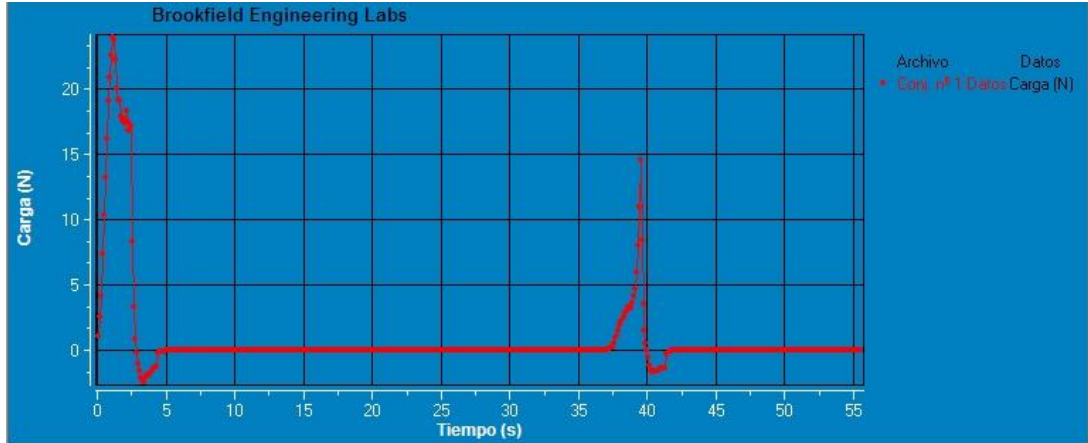
\_\_\_\_\_

CARACTERÍSTICA		ALTERNATIVA	MUESTRA	
			FCP-10	FCB-20
FRUTA	COLOR	1. Amarillo uniforme		
		2. Poco verde claro uniforme		
		3. Verde claro uniforme		
	BRILLANTEZ	1. Opaca		
		2. Poco brillante		
		3. Brillante		
PULPA	OLOR	1. No es dulce afrutado		
		2. Poco dulce afrutado		
		3. Dulce afrutado		
	COLOR	1. Verde claro uniforme		
		2. Poco blanco uniforme		
		3. Blanco uniforme		
	SABOR	1. No es dulce		
		2. Poco dulce		
		3. Dulce		
	TEXTURA	1. Blanda		
		2. Poco firme		
		3. Firme		

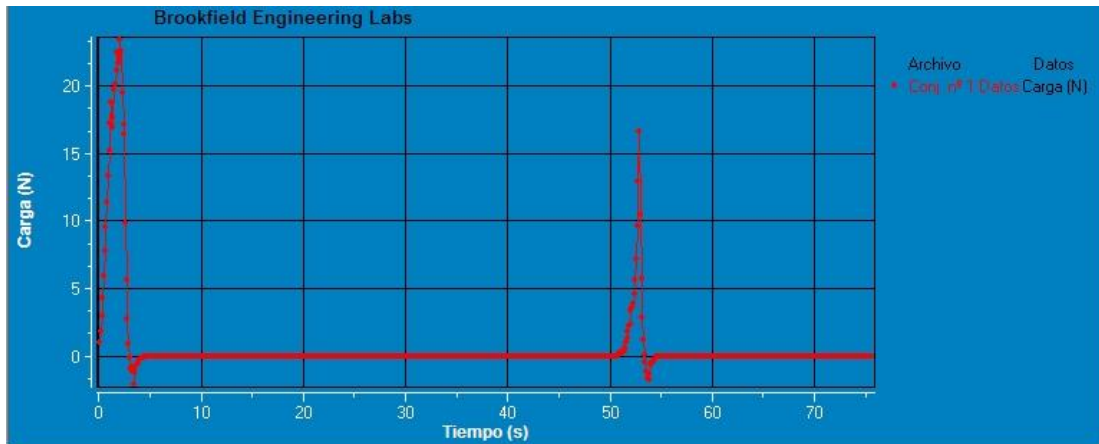
**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**

# **ANEXO C**

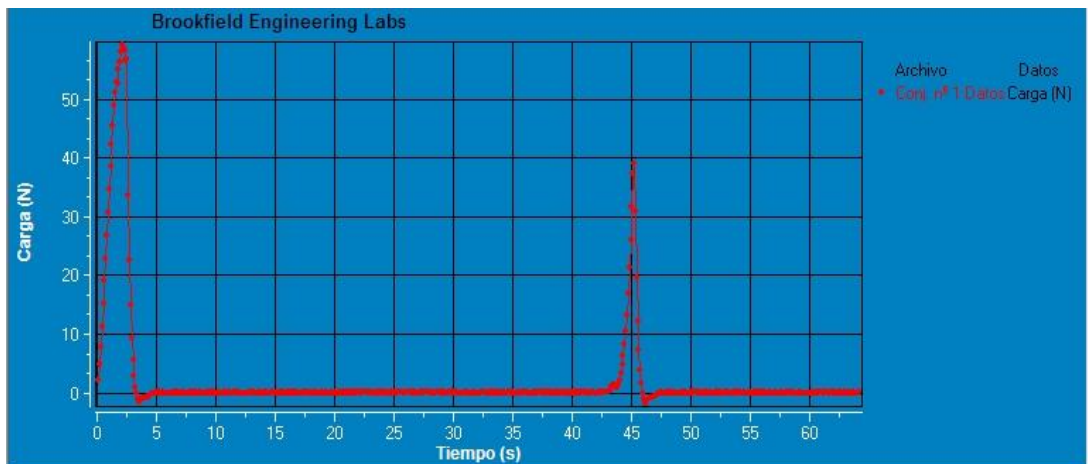
**CURVAS DE DUREZA Y FIRMEZA  
MEDIANTE EL TEXTURÓMETRO  
BROOKFIELD**



**Figura 18.** Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota (*Sechium edule*) en estado verde



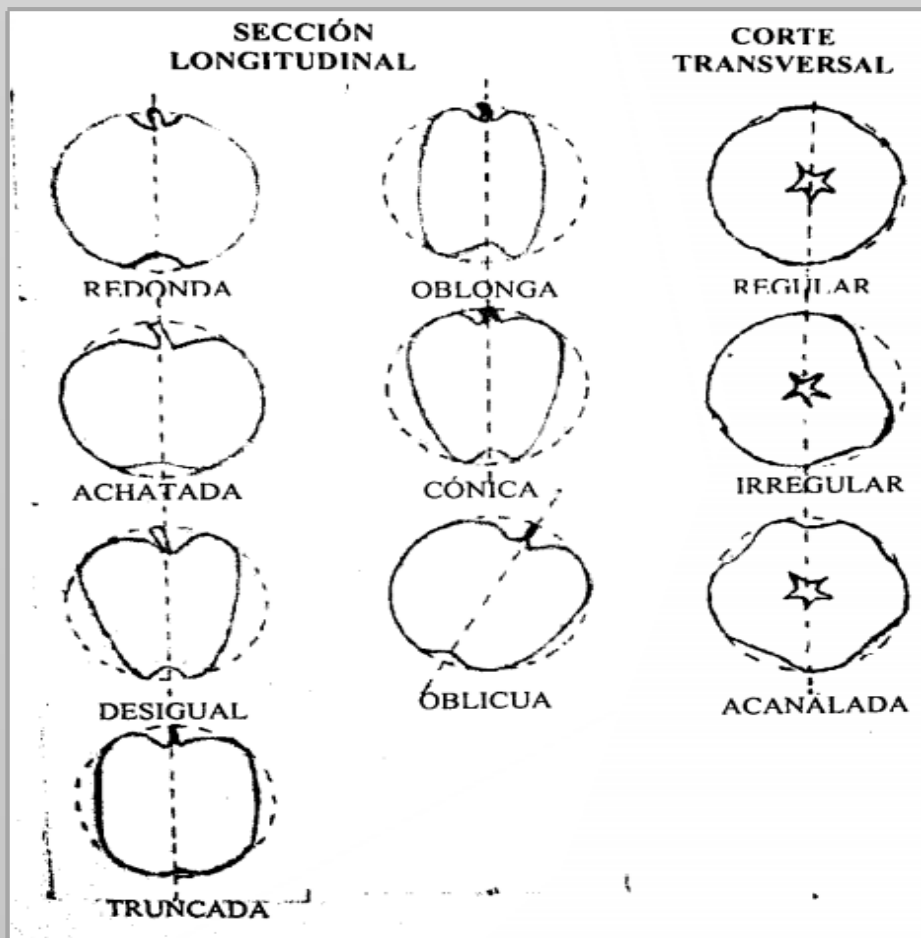
**Figura 19.** Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota (*Sechium edule*) en estado pintón



**Figura 20.** Gráfica de Dureza y Firmeza (N) vs. Tiempo (s) de la cidrayota (*Sechium edule*) en estado maduro

# ANEXO D

CARTA ESTÁNDAR PARA LA  
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA  
DE FRUTAS



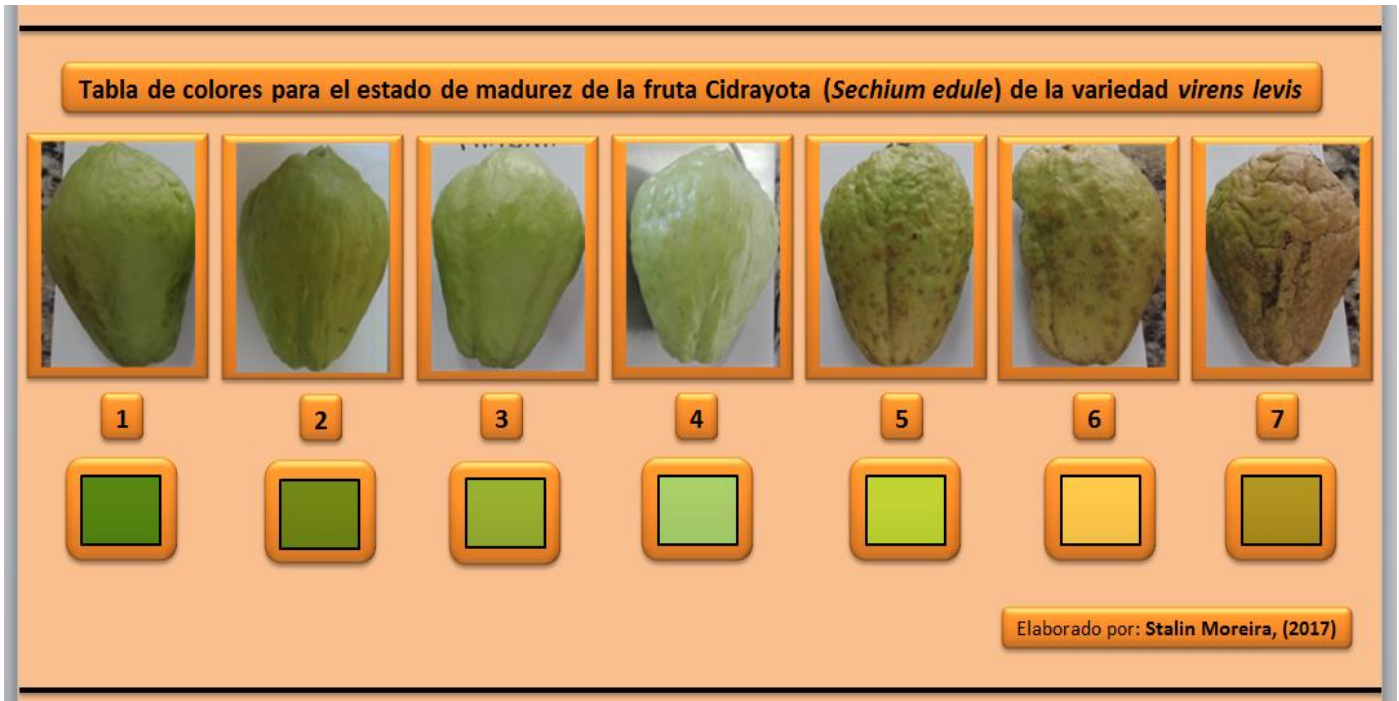
SECCIÓN	FORMA	DESCRIPCIÓN
Longitudinal	Redonda	Aproximadamente esférica.
	Achatada	Aplastada por parte superior e inferior.
	Alargada	Diámetro vertical > Diámetro horizontal.
	Cónica	Estrecha hacia el ápice del fruto.
	Ovalada	Forma de huevo, ancha en la base.
	Ovalada	Forma de huevo, ancha en el ápice.
	Elíptica	Elipsoide de revolución.
	Truncada	Extremos aplanados o cuadrados.
Horizontal	Desigual	Una mitad más alargada que la otra.
	Angulada	Sección horizontal: bordes más o menos aplanados.
	Regular	Sección horizontal: aproximadamente circular.
	Irregular	Sección horizontal: muy poco circular.

Autor: Alvarado, J. & Aguilera (2001)

# ANEXO E

TABLAS DE COLOR SEGÚN EL  
ESTADO DE MADUREZ DE LA  
CIDRAYOTA (*Sechium edule*)

**ANEXO E-1**  
**TABLA DE COLOR SEGÚN EL ESTADO DE MADUREZ DE LA**  
**CIDRAYOTA VARIEDAD *virens levis***



**Fuente:** El Autor

**ANEXO E-2**  
**TABLA DE COLOR DE LA PULPA DESHIDRATADA DE CIDRAYOTA**  
**(*Sechium edule*)**



**Fuente:** El Autor



# **ANEXO F**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS  
PROXIMAL DE LA CIDRAYOTA**



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**



Dir: Av. Los Chasquis y Rio Payamino, Huachi, Telf: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

**Certificado No:17-350**

R01-5.10 06

Pág.: 1 de 1

Solicitud N°: 17-350

Fecha recepción: 16 de octubre de 2017

Fecha de ejecución de ensayos: 16-23 de octubre de 2017

**Información del cliente:**

Empresa:

C.I./RUC: 0705771905

Representante: Rúbir Stalin Moreira Añazco

TIF:

Dirección: Tarquino Toro Navas

Celular: 0959267413

Ciudad: Ambato

E mail: rubir\_stalin10@hotmail.com

**Descripción de las muestras:**

Producto: Pulpa de Cidrayota

Peso: 270g, 390g

Marca comercial: n/a

Tipo de envase: funda resellable

Lote: n/a

No de muestras: dos

F. Elb.: n/a

F. Exp.: n/a

Conservación: Ambiente: Refrigeración: X Congelación:

Almac. en Lab: 7 días

Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:

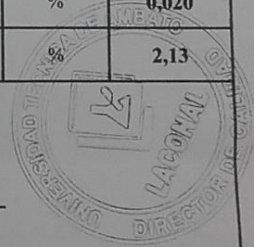
Muestreo por el cliente: 16 de octubre de 2017

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Pulpa de Cidrayota	35017595	FCP-10	*Proteína	AOAC 991.2 Ed 20, 2016	% (Nx6,25)	<b>0,492</b>
			*Grasa	AOAC Ed 20, 2016 2003.06	%	<b>0,179</b>
			*Fibra dietética total	AOAC 993.21	%	<b>3,13</b>
Pulpa de Cidrayota	35017596	FCB-20	*Proteína	AOAC 991.2 Ed 20, 2016	% (Nx6,25)	<b>0,403</b>
			*Grasa	AOAC Ed 20, 2016 2003.06	%	<b>0,020</b>
			*Fibra dietética total	AOAC 993.21	%	<b>2,13</b>

Conds. Ambientales: 18,5 °C; 45%HR

Ing. Gladys Risueño  
Directora de Calidad



Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

GR

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

# ANEXO G

FOTOGRAFÍAS DE LA FASE  
EXPERIMENTAL

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA



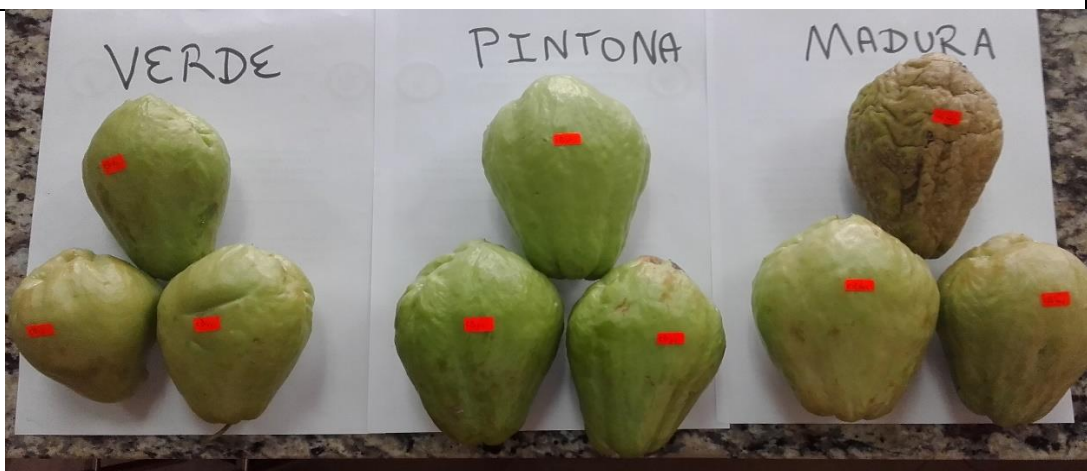
Fruta del Cantón Piñas



Fruta del Cantón Baños



Fruta del Cantón Piñas y sus réplicas



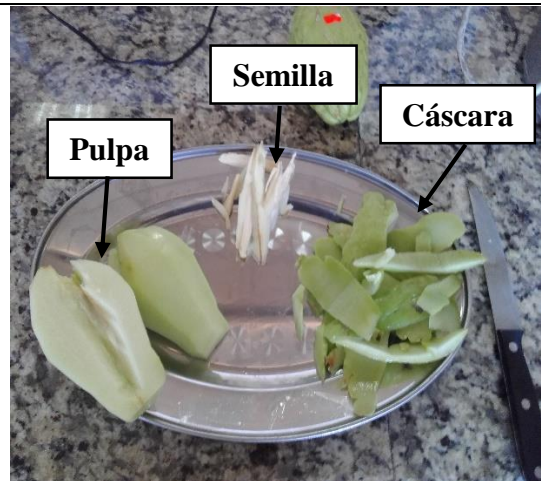
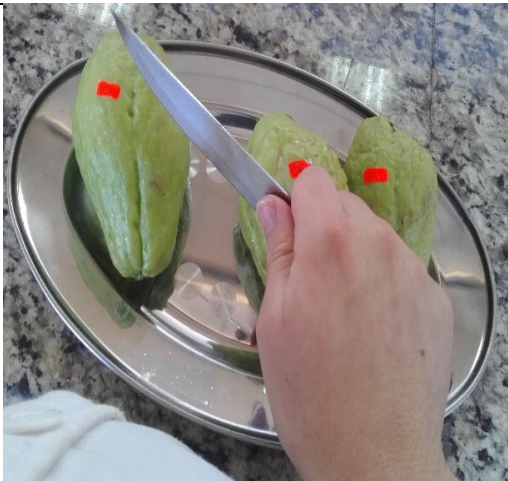
Fruta del Cantón Baños y sus réplicas



Medición del ancho y longitud



Pesado de la Fruta



Pelado y separación de la pulpa, semilla y cáscara

## CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA



Filtrado del zumo de pulpa para pH, acidez y <sup>0</sup>Brix



Medición de sólidos solubles



Medición de pH y acidez



Determinación de calor específico



Determinación de volumen y densidad



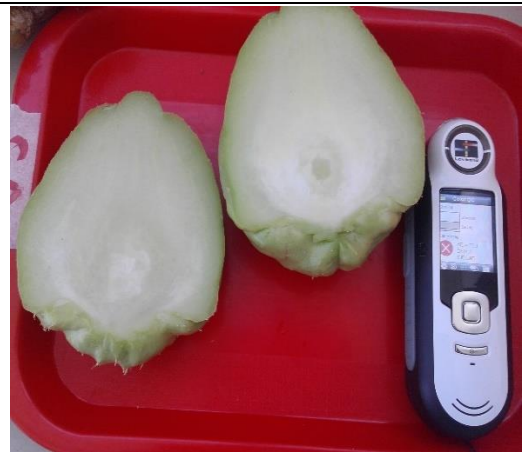
Preparación de muestras para  $C_p$  y conductividad térmica



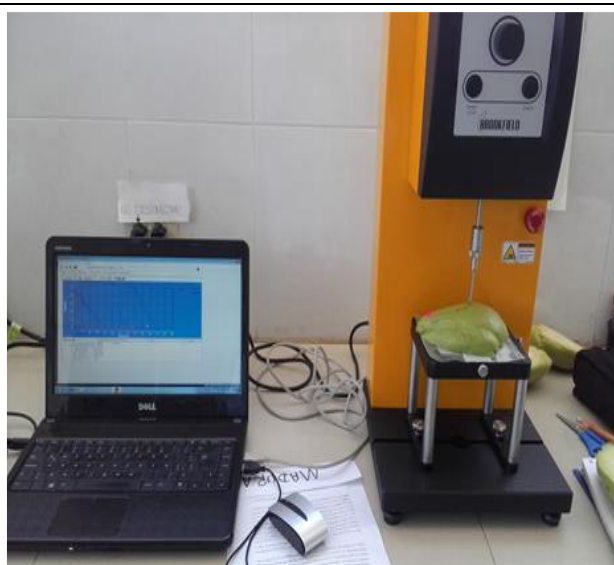
Determinación de conductividad térmica



Determinación de gravedad específica



Determinación del color externo y pulpa



Determinación de dureza y firmeza



## CARACTERIZACIÓN PROXIMAL



Determinación de humedad y materia seca



Procesador para el cortado de pulpa a secarse



Secado de pulpa

Cantón Piñas

Cantón Baños

E. Madura

E. Píntona

E. Verde



Pulpa seca y molida para humedad y cenizas

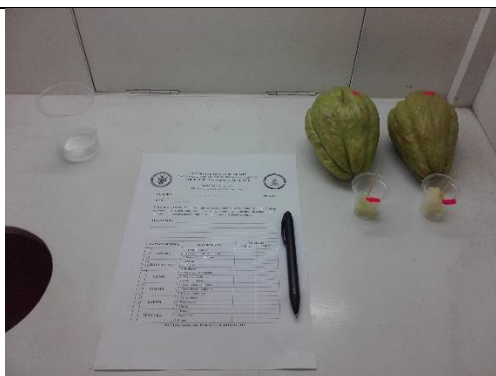


Determinación de cenizas

## ANÁLISIS SENSORIAL – CATAIONES



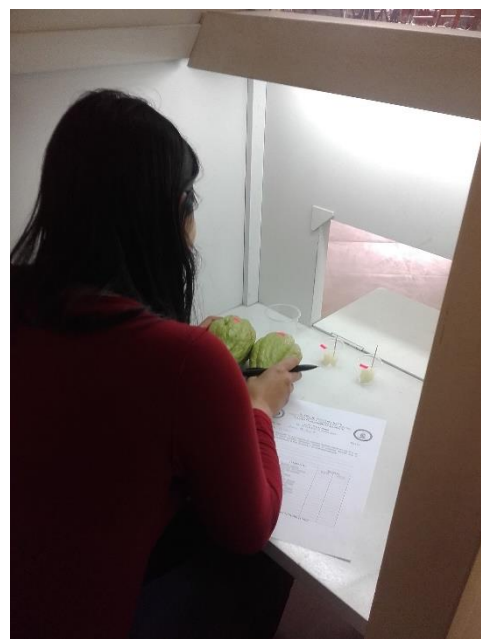
Estación de cata para el análisis sensorial



Muestras a catar



Catación de muestras



Catadores